astronomie HEUTE

astronomie HEUTE

Raumfahrt ... Kosmos ... ScienceFiction

60463 4 196046 306506 10
www.astronomie-heute.de
10/2007
Euro 6,50
sFr 12,50
SKY & TELESCOPE
DEUTSCHE AUSGABE

Kraftwerk Sonne

- Wie Licht und Wärme entstehen
- Sturmwarnungen aus dem All
- Das Ende als Roter Riese

SPUTNIK

Vor 50 Jahren – Ein kleiner Satellit schockt die Welt

KOSMOLOGIE

Große Leere – Unser All in 10 Milliarden Jahren

SCIENCEFICTION

- Filmklassiker – Alarm im Weltall
- Hat SciFi noch Zukunft?

ZOFF IM WELTRAUM

Wenn Konflikte unter Astronauten Missionen gefährden

So fotografieren Sie mit dem

SONNENTELESKOP PST

Oliver Dreissigacker
Redaktionsleiter

Ein Mehr an Faszination …

Liebe Leserinnen und Leser,

das Thema Sonne war diesen Sommer in aller Munde. Wenn auch meist mit meteorologischem Bezug. Doch Astronomen aus aller Welt richten ihr Augenmerk verstärkt auf den erdnächsten Stern, denn 2007 wurde von den Vereinten Nationen zum Heliophysikalischen Jahr ausgerufen. Grund genug für uns, im Rahmen eines »Spezials« drei Artikel jenem Himmelskörper zu widmen, um den sich alles dreht (S. 26–43).

Nach der Neugestaltung von **astronomie heute** erreichten uns zahlreiche Zuschriften – zu viele, als dass wir sie alle in unseren Leserbriefen (S. 10) abdrucken konnten. Die Reaktionen waren überwiegend positiv – kein Wunder, die früheren Fragebogenaktionen waren ja eine der Grundlagen für die Änderungen. Besonderer Schwerpunkt bei den Rückmeldungen war die »offizielle« Aufnahme von Sciencefiction in den Themenbereich unseres Magazins. Wenn Sie einmal auf die Seite astronomie-heute.de/sciencefiction schauen, werden Sie feststellen, dass wir in den vergangenen Jahren immer wieder Beiträge zu diesem Genre gebracht haben. Viele Leser wollten aber mehr – ein Wunsch, dem wir jetzt verstärkt nachkommen.

Natürlich freuen wir uns weiterhin über Ihr Feed-back. Auch wenn die Redaktion nicht – oder nicht sofort – zu Leserbriefen Stellung nehmen kann, wird jede Nachricht ausgewertet, die Sie über astronomie-heute.de/leserbriefe an uns senden. Eine andere Möglichkeit, mit Magazinmachern und Lesern zu diskutieren oder Fragen zu stellen, haben Sie auf unserer Webseite bei »Myspace« (Adresse siehe Kasten rechts, mehr dazu auf S. 6/7).

Jetzt aber viel Vergnügen mit dieser Ausgabe!
Das wünscht herzlichst Ihr

Mehr AH finden Sie im Internet unter myspace.com/astronomie_heute

NATIONAL SOLAR OBS.

PSYCHE UND RAUMFAHRT

Teil 2: Wenn Konflikte zwischen Astronauten Missionen gefährden

54

20 Die Zukunft des Alls

49 SUPERBILD Hubbles Blick auf den Schleiernebel

12 ASTRO NEWS
> Saturn und seine 60 Monde
> Dunkle Materie tanzt aus der Reihe
> Ein Stern mit Kometenschweif?
> Kollision von vier Galaxien u. v. a.

20 KOSMOLOGIE <
Wie mag das Universum in zehn Milliarden Jahren aussehen? Astronomen haben davon ziemlich genaue Vorstellungen – und die sehen recht düster aus!

44 ALARM IM WELTALL <
Der Sciencefiction-Klassiker lief im Sputnikjahr 1957 in den deutschen Kinos

Superbild
49 DEN SCHLEIER ENTSCHLEIERN
Neue Aufnahmen des Weltraumteleskops Hubble erzählen von einem explodierten Stern

Psyche und Raumfahrt Teil 2
54 ZOFF IM WELTRAUM <
Bei internationalen Missionen treffen Astronauten verschiedener Kulturen aufeinander – das kann schwierig sein

60 DER SIEG DER SOWJETUNION <
Vor fünfzig Jahren startete Sputnik 1 – die westliche Welt war geschockt

68 WUNDER DES WELTALLS
Sommernachtsträume – die schönsten Astrobilder unserer Leser

74 PST! SONNENFOTO! <
Schon mit kleinem Budget gelingen fantastische Aufnahmen. Wir zeigen, wie's geht

79 SCIFI – ENDE EINES GENRES? <
Wir modernen Menschen leben schon längst in einer SciFi-Welt

SONNE SPEZIAL <

26 WAS WÄRE, WENN ...
... die Sonne sich plötzlich zu einem Roten Riesen aufblähen würde?

30 DER STERN, OHNE DEN NICHTS LÄUFT
Wie Licht und Wärme in diesem Kraftwerk entstehen

38 STÜRMISCHE SONNE
Die gefährliche Seite unseres Tagsterns

60 Sputnik 1 – 1957

STÜRMISCHE SONNE

38

Wie Forscher uns frühzeitig vor den gefährlichen Teilchen warnen

Blick in den Himmel

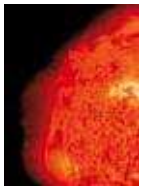
84 STERNTAFEL
Der mitternächtliche Sternhimmel in der Übersicht

86 STAU AUF DER EKLIPTIK
Sonne, Mond, Planeten und Deep-Sky-Objekte im Oktober

88 DAS FLIEGENDE PFERD
Werfen Sie einmal einen Blick auf den großen Pegasushaufen und suchen Sie dort nach dem Kugelsternhaufen M15

93 FELDSTECHERTIPP
Sie ist einfach die Größte – M31, die Andromeda-Galaxie

3 Editorial
10 Leserbriefe
11 Leser fragen – Experten antworten
80 Mediathek
94 TV & Events
96 Kleinanzeigen
97 Astromarkt
98 Vorschau / Impressum



TITELBILD: Die Sonne im ultravioletten Licht. Die herausgeschleuderten Gaswolken bestehen aus dichtem Plasma

TITELMOTIV: ESA (SOHO)

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit < gekennzeichnet

WALLPAPER unter astronomie-heute.de/wallpaper

NEU: KOSTENLOSE DOWNLOADS
Laden Sie die so gekennzeichneten Motive **auf den Seiten 38, 50 und 88** als Bildschirmhintergrund für Ihren PC herunter!

A

C

A MYSPACE

Haben Sie bereits einen kostenlosen Myspace-Account? Dann werden Sie doch **astronomie heute**-Gruppenmitglied und informieren Sie sich schon früh über die kommenden Artikel unter myspace.com/astronomie_heute

B ASTROMOVIE

In dieser Rubrik gibt es einen weiteren Eintrag: »Neues aus Röhre & Co.« mit Clips aus dem Internet astronomie-heute.de/astromovie
Ebenfalls neu sind die Kurzmeldungen zur SF in den »SCIFInews« astronomie-heute.de/scifinews

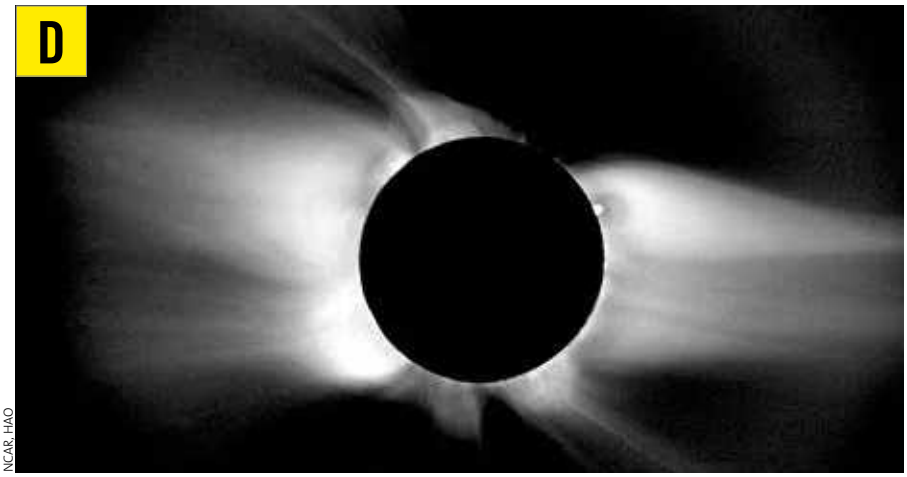
C SUW 10/2007

Die kommende Ausgabe von Sterne und Weltraum beschäftigt sich anlässlich des Sputnik-Jubiläums mit der russischen Raumfahrt. Außerdem: Ferngläser in der Astropraxis, Aufnahmen mit CCD-Kameras u. v. m. www.suw-online.de

B

C

D



NCAR, HAO

E

D FINSTERNISSE

Die Erde rotiert immer langsamer. Nachweisen lässt sich dies mittels jahrtausendealter Aufzeichnungen von Sonnenfinsternissen. Gehen Sie auf eine Zeitreise in Spektrum der Wissenschaft 10/2007, im Handel ab 25.9.
www.spektrum.de

E KOSMOLOGIE

Hat unser Weltall einen Anfang? Sind Galaxien im Griff der Dunklen Energie gefangen? Wie wird aus einer Staubmaus ein Planet? Mit solchen Fragen beschäftigt sich das neue Spektrum-Dossier »Kosmische Ursprünge«
www.spektrum.de

NEWS DER WOCHE

... aus allen Redaktionen erhalten Sie kostenlos per E-Mail an jedem Freitag:
astronomie-heute.de/newsletter

Neue Beiträge auf unserer Homepage können Sie per RSS-Feed verfolgen:
astronomie-heute.de/artikel/865248

MIT FRDL. GEN. VON ALAN CHAN, WWW.POSTCARDSFROMTHEFUTURE.NET

Zählt eine Vorschau auf bemannte Missionen zum Mars nun zu »Raumfahrt« oder »Sciencefiction«? In jedem Fall zum Themenspektrum von astronomie heute!

NEUES OUTFIT

AH 9/2007

Als Abonnent der ersten Stunde bin ich äußerst angenehm überrascht über das neue Konzept. Es wird ein Effekt von kosmischer Weite erzielt, man schaut automatisch über den Heftrand hinaus und kommt ins Sinnieren, was da noch sein könnte. Das alte Titelblatt wirkte für mich immer wie »eine Unendlichkeit zudeckeln«.

Eine weitere tolle Einrichtung ist die Möglichkeit des Herunterladens von Bildern, aber warum nicht umfassender?

Die Aufregung anderer Leser über die Aufnahme von Sciencefiction kann ich mir nur damit erklären, dass diese Literaturgattung immer noch als »Schmuddellektüre« in den Köpfen etlicher gebrandmarkt ist. Dazu ein Tipp von mir: Machen Sie es wie bei jeder anderen Zeitung auch – überspringen Sie, was Ihnen nicht gefällt. Wenn weiter die Astronomie im Vordergrund steht, bleibe ich auf jeden Fall weiter Abonnent.

Ralf Süther, Düsseldorf

RANDSCHÄRFE UND LICHTSTÄRKE

»Ultimatives Bino«
AH 9/2007, S. 76

Der Artikel von Stefan Seip entspricht in der Beurteilung des stabilisierten Fernglases Canon 10 × 42 L IS WP weit gehend den Aussagen anderer Tester.

Besonders die sehr gute Randschärfe und der Kontrast wird gelobt. Im Jülich-Forum schreibt jedoch Walter E. Schön, dass die wahre Lichtstärke, wahrscheinlich wegen interner Blenden, nur einem 10 × 37-Gerät entspricht. Dies hätte im Artikel angemerkt sein sollen.

M. Pucher, Oberursel

IM ALL HÖRT DICH NIEMAND SCHREIEN

Psyche und Raumfahrt – Teil 1
AH 9/2007, S. 36

Das neue Konzept finde ich gut – nur die Titel könnten etwas sachlicher sein. Science und Fiction gehören untrennbar zusammen; Science ohne Fiction ist kaum mehr als Erbsenzählerei, Fiction ohne Science völlig haltlos …

Außerdem fliegt der Mensch sowieso nicht zum Mars, weil da etwas ist, sondern damit da etwas hinkommt.

Marc M. Horstmann

GALILEISCHE MONDE FALSCH MARKIERT

»Jupiter – König der Septemberabende«
AH 9/2007, S. 90

Gratulation zum neuen Outfit von **astronomie heute**. Es war aber auch in der Vergangenheit immer eine Freude, ein neues Heft in den Händen zu halten.

Beim Artikel über den Jupiter hat sich auf S. 92 unten eine fehlerhafte Farbumrandung der Monde eingeschlichen. Der Mond Io hätte rot umrandet sein müssen, wenn er zu den vier Konstellationen darüber passen sollte, Europa gelb statt rot und Ganymed grün statt gelb.

Schade, dass der Autor die Bahn-Ellipsen der Monde nicht mit in die vier Bilder eingearbeitet hat und den Schattenstreifen vom Jupiter, was bei jeweils gleicher Zeit gut möglich gewesen wäre. Für den Beobachter mit bescheidener Ausrüstung ist es auch interessant, dass Kallisto zurzeit nördlich und südlich am Planeten vorbeiläuft, also nicht mehr bedeckt wird oder »durchgeht« – die Abbildung vom 4. 9. deutet das an. Auch Nord/Süd-Angaben sind immer hilfreich, um zu wissen, von welcher Seite die Mondbahnen gesehen werden. Bei der südlichen Stellung von Jupiter läge die Vermutung nahe, von Norden auf die Mondbahnen zu sehen, dem ist aber nicht so.

Helmut Schiebold

ANTWORT DER REDAKTION:
Sie haben Recht. Die Farben in den Diagrammen entsprechen denen im HIMMEL 2007, die in der Legende jedoch nicht.

Weitere Einsendungen finden Sie auf unserer Homepage!

Sie können Ihre Leserbriefe im Internet unter astronomie-heute.de in ein Formular direkt unter dem betreffenden Artikel eintragen. Diesen erreichen Sie über die Menüeinträge »Aktuelle Ausgabe« (Inhaltsverzeichnis), »Archiv« (Heftverzeichnis) oder durch Anklicken des Covers der Ausgabe.

Falls Sie Anregungen allgemeiner Art haben, können Sie diese auch unter astronomie-heute.de/leserbriefe eingeben. Wir behalten uns vor, Zusendungen gekürzt zu veröffentlichen.

Wie groß muss ein Planet sein, …

… damit man ihn in einer Entfernung von zweihundert Astronomischen Einheiten noch mit einem Teleskop entdecken kann? *Klaus Deistung, Wismar*

Neben der Größe des Planeten und seiner Entfernung von der Sonne spielt hierfür seine Albedo, also das Rückstrahlvermögen für das einfallende Sonnenlicht, eine wichtige Rolle. Ein hypothetischer Planet mit doppeltem Erddurchmesser in einer Entfernung von zweihundert Astronomischen Einheiten (AE, der durchschnittliche Abstand Erde-Sonne) und mit der typischen Albedo der Erde von etwa 0,3 (dreißig Prozent des einfallenden Sonnenlichts werden wieder abgestrahlt) hätte an unserem Nachthimmel eine scheinbare Helligkeit von etwa 17. Größe. Er ließe sich schon mit einem Teleskop von zirka fünfzig Zentimeter Spiegeldurchmesser erkennen!

In einer Entfernung von zweihundert AE hätten die Zwergplaneten Pluto und Eris eine scheinbare Helligkeit von ungefähr 21., Sedna dagegen rund 23. Größe. Um sie zu beobachten, bräuchte man schon ein Instrument der Zwei-Meter-Klasse. Die Grenzhelligkeit des sehr lichtempfindlichen Weltraumteleskops Hubble hängt von vielen unterschiedlichen Faktoren ab, liegt aber im Bereich von 25. bis 30. Größe. Nehmen wir an, wir können Objekte bis zur 27. Größe noch zweifelsfrei identifizieren. Dann wäre ein Himmelskörper bei zweihundert AE, der die gleiche Albedo besitzt wie Sedna, schon ab einem Durchmesser von zirka dreihundert Kilometern zu sehen. Das ist etwa fünf- bis sechsmal kleiner als Sedna selbst.

Die scheinbare Helligkeit ist aber nicht allein dafür verantwortlich, ob ein schwacher Lichtpunkt im Teleskop als Bestandteil des Sonnensystems erkannt wird. Wenn man genau weiß, wo man suchen muss, ist es nicht schwierig, auch ein schwaches Objekt mit einem ausreichend großen Teleskop auszumachen. Bei der Suche nach weiteren Zwergplaneten oder Himmelskörpern des Kuiper-Gürtels weiß man das jedoch zunächst nicht. Also muss eine sehr große Anzahl von schwachen Objekten innerhalb kurzer Zeit wiederholt beobachtet werden. Wandert ein Lichtpunkt in den Vergleichsaufnahmen, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass er von einem Mitglied des Sonnensystems herrührt. Das Verfahren bringt eine riesige Datenflut mit sich. Ausreichend große Kameras und Computer, die dies bewältigen können, sind erst seit einigen Jahren verfügbar. <<

SABINE REFFERT *erforscht Exoplaneten an der Landessternwarte, Teil des Zentrums für Astronomie der Universität Heidelberg.*

Jenseits des Neptuns sind zahlreiche Himmelskörper unterwegs, die Pluto an Durchmesser und Masse nahekommen oder ihn sogar übertreffen.

QUELLE: NASA, JPL / CALTECH

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um Antwort und stellen die interessantesten Beiträge vor.

SATURN UND SEINE MONDE
Neue Ergebnisse der Raumsonde Cassini

QUELLE DES G-RINGS
Einer der äußeren, von der Erde aus nicht sichtbaren Saturnringe besitzt einen geheimnisvollen Bogen aus vereisten Gesteinsbrocken. Neue Aufnahmen legen nahe, dass aus diesem Bogen der G-Ring gespeist wird.

60. MOND
Zwischen den Umlaufbahnen von Mimas und Enceladus wurde auf lang belichteten Cassini-Aufnahmen ein weiterer, gerade einmal zwei Kilometer großer Trabant entdeckt. S/2007 S 4, Spitzname Frank, umkreist Saturn in einem Abstand von fast 200 000 Kilometern und benötigt dafür nicht viel mehr als einen Erdtag!

RINGSTRÖME
Im Magnetfeld des Planeten sind geladene Teilchen gefangen, die ihn umkreisen. Eigentlich sollten diese einen symmetrischen Ring bilden, doch das Cassini-Instrument »Mimi« hat jetzt enthüllt, dass der Strom dauerhaft auf der einen Seite eingedrückt und auf der anderen Seite nach oben gebogen ist.

BADESCHWAMM
Der rund 360 Kilometer lange Hyperion – Saturns achtgrößter Mond – ist so porös wie ein Schwamm. Seine Oberfläche ist mit einem Gemisch aus Eis und organischen Molekülen überzogen. Das dunkle Material in den Kraterböden ähnelt demjenigen auf Japetus und Phoebe.

ALLE MOTIVE: NASA, JPL / SSI; BEARBEITUNG: AH

ATMOSPHÄRENVERLUST

Titan ist bekannt für seine methanhaltige Atmosphäre, die nur – wie hier– im Infraroten den Blick auf die Oberflächer erlaubt. Doch dieses Molekül ist sehr reaktionsfreudig und muss deshalb ständig ersetzt werden. Wie der Vorgang funktioniert, wollen die Forscher mit Laborversuchen jetzt enträtseln.

CASSINI

An der im Oktober 1997 gestarteten Mission sind Wissenschaftler aus 17 Ländern beteiligt. Die Sonde erreichte Saturn am 30. Juni 2004. An Weihnachten 2004 trennte sie sich vom Landegerät Huygens, das am 14. Januar 2005 an Fallschirmen auf Titan niederging.

WALNUSS

Japetus hat einen Durchmesser von 1436 Kilometern. Entlang seinem Äquator läuft ein Wulst, der ihm das Aussehen einer Schalenfrucht verleiht. Daraus schlossen Forscher jetzt auf seine Entstehungsgeschichte: Der Mond hat wohl seine Rotation stark abgebremst, verformte sich dabei und der Gebirgszug wurde aufgeworfen.

TIGERSTREIFEN

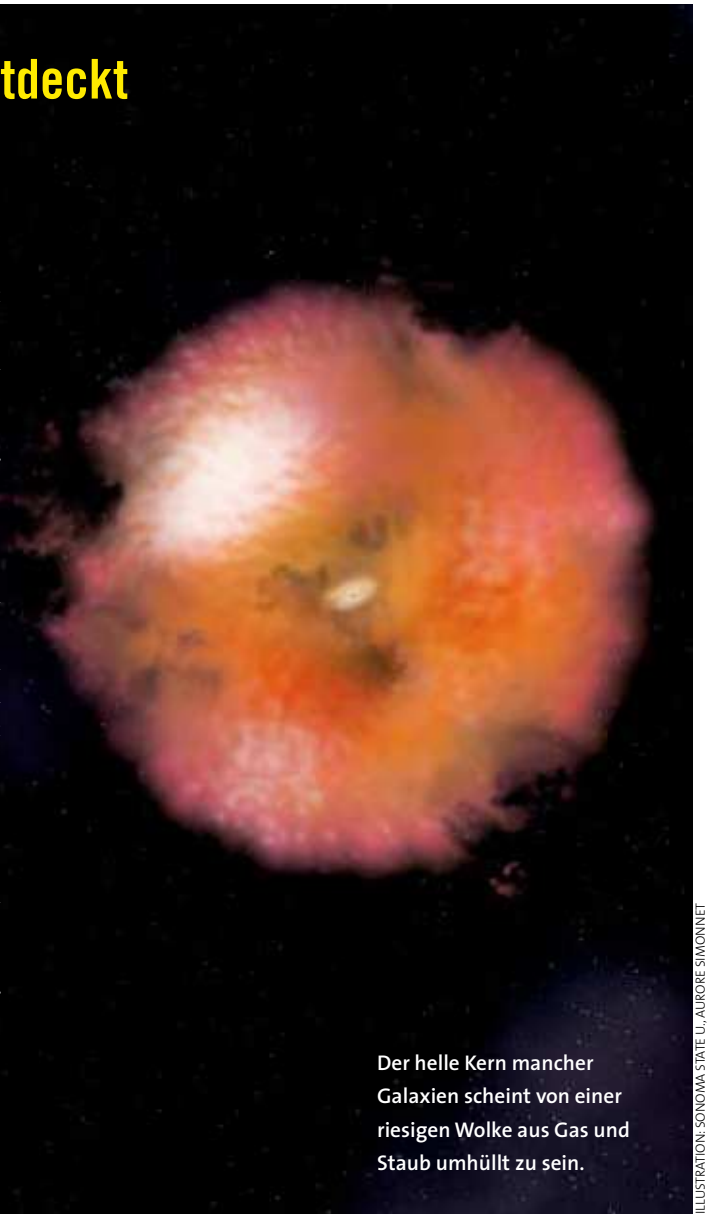
Am 12. März 2008 wird Cassini in nur hundert Kilometer Entfernung an Enceladus vorbeifliegen. Dieser Mond macht durch seine Eruptionsfontänen von sich reden. Sie treten an den »Tigerstreifen« nahe dem Südpol aus. Zu diesem muss Cassini einen Sicherheitsabstand einhalten.

AKTIVE GALAXIEN Neue Klasse entdeckt

Forscher haben einen bislang unbekannten Typ von Aktiven Galaktischen Kernen (AGNs) ausgemacht. Diese zu den leuchtkräftigsten Objekten des Universums zählenden Erscheinungen werden durch ein supermassereiches Schwarzes Loch im Zentrum einer Galaxie hervorgerufen, das Materie schluckt.

In den vergangenen zwei Jahren hatten Jack Tueller vom Goddard Space Flight Center der Nasa und seine Kollegen mit dem Röntgensatelliten Swift einige hundert AGNs beobachtet, deren Licht scheinbar durch Gas und Staub abgeschwächt wird – deshalb waren sie bei Himmelsdurchmusterungen lange verborgen geblieben. Im Gegensatz zu anderen Wellenlängen kann die energiereiche Röntgenstrahlung die dichten Wolken durchdringen. Tueller und sein Team untersuchten nun zwei der gefundenen Objekte zusätzlich mit dem Weltraumteleskop Suzaku, das in einem größeren Teil des Röntgenspektrums beobachten kann als Swift. Ihre Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Kernregionen vollständig von Gas und Staub umhüllt sind. Bis jetzt kannten Astronomen nur AGNs, die von einem donutförmigen Ring aus Materie umgeben sind, der uns je nach Blickwinkel scheinbar einen anderen Typ von AGN sehen lässt. So könnte auch das Schwarze Loch in den untersuchten Objekten nur von einem Ring aus Materie verdeckt sein. Da die Forscher im Spektrum der beiden Quellen allerdings nur wenig Streulicht anderer Wellenlängen fanden, dürften in diesem Fall keine Gaswolken in der Nähe des Galaxienzentrums liegen. Diese hätten die Strahlung aus dem AGN streuen müssen.

Die Wissenschaftler nehmen an, dass ein beträchtlicher Anteil des Röntgenlichts, das aus den Weiten des Universums zu uns dringt, von bislang unentdeckten Aktiven Galaktischen Kernen stammt. <<



Der helle Kern mancher Galaxien scheint von einer riesigen Wolke aus Gas und Staub umhüllt zu sein.

ILLUSTRATION: SONOMA STATE U., AURORE SIMONNET

EXOPLANETEN Bislang größter Transitplanet

Im Sternbild Herkules befindet sich ein Exoplanet, der fast doppelt so groß ist wie Jupiter. TrES-4, so sein Name, ist rund 1400 Lichtjahre von der Erde entfernt und umrundet seinen Stern in nur dreieinhalb Tagen.

Der neu entdeckte Trabant ist ein so genannter Transitplanet – diese laufen von der Erde aus betrachtet vor ihrer Sonne entlang und verdunkeln dabei scheinbar die Helligkeit ihres Zentralgestirns. TrES-4 nimmt seinem Stern so regelmäßig etwa ein Prozent seiner Leuchtkraft, was Astronomen um Georgi Mandushev vom Lowell Observatory nun mit einem Netzwerk aus Teleskopen in Arizona, Kalifornien und den Kanarischen Inseln auf seine Fährte führte.

TrES-4 und seine Sonne

ILLUSTRATION: LOWELL OBS., JEFFREY HALL

Der Exoplanet ist siebzig Prozent größer als Jupiter, der größte Himmelskörper unseres Sonnensystems, vereint aber weniger Masse in sich. Dadurch besitzt er eine Dichte von nur 0,2 Gramm pro Kubikzentimeter – vergleichbar mit Balsaholz, erklären die Forscher. Da der Planet nur etwa sieben Millionen Kilometer von seinem Stern entfernt ist, wird er auf Temperaturen von über 1300 Grad Celsius aufgeheizt.

Das Verhältnis von Masse und Größe in TrES-4 lässt sich mit den derzeitigen Modellen für solche Gasriesen nicht vereinbaren und fordert nun die Theoretiker heraus. <<

GALAXIEN Gewaltige Massenkarambolage

Als Astronomen den fünf Milliarden Lichtjahre von uns entfernten Galaxienhaufen CL 0958+4702 mit dem Infrarotteleskop Spitzer durchmusterten, stießen sie zufällig auf den Zusammenprall von vier Galaxien – auf der Illustration als gelbe Punkte zu erkennen. Drei der beteiligten Sternsysteme sind etwa so groß wie die Milchstraße, das vierte im Bund schafft es auf mehr als den doppelten Durchmesser. »Was uns die neuesten Aufnahmen offenbaren, erinnert an die Kollision von vier mit Sand beladenen Lastwagen, deren Ladung dabei in alle Richtungen davonfliegt«, berichtet Kenneth Rines vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics in Cambridge, USA.

Aufgefallen war den Forschern ein Lichtschweif, der aus dem Zentrum des Zusammenstoßes zu kommen schien. Wie sich später herausstellte, besteht dieser aus Milliarden von Sonnen, die durch die auftretenden Gravitationskräfte in den interstellaren Raum hinausgeschleudert werden. Aus der Fusion wird schließlich eine neue Riesengalaxie hervorgehen, die etwa die zehnfache Masse unseres Milchstraßensystems in sich vereint. <<

ILLUSTRATION: NASA, JPL / CALTECH / SSC, TOM PYLE

Vier Sternsysteme verschmelzen zu einer Riesengalaxie.

ASTROCHEMIE Negativ geladene Moleküle im All entdeckt

Mit Hilfe eines Radioteleskops entdeckten Astronomen die bislang größten negativ geladenen Moleküle im interstellaren Raum. Damit sind bereits drei verschiedene Formen solcher Atomverbindungen im Weltall bekannt.

Das neue Molekül besteht aus acht Kohlenstoffatomen und einem Wasserstoffatom, die zusätzlich ein Elektron besitzen und damit eine negative Ladung. Um die Verbindung im All aufzuspüren, stellten Forscher sie zunächst künstlich im Labor her und studierten ihre optischen Eigenschaften. In den Archivdaten des Green Bank Telescope fahndeten sie dann nach seinen spektralen Fingerabdrücken.

Ein Team um Mike McCarthy vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics wurden in einer interstellaren Wolke im Sternbild Stier fündig. Anthony Remijan vom National Radio Astronomy Observatory und seine Kollegen entdeckten das Molekül hingegen in der Gashülle eines Riesensterns.

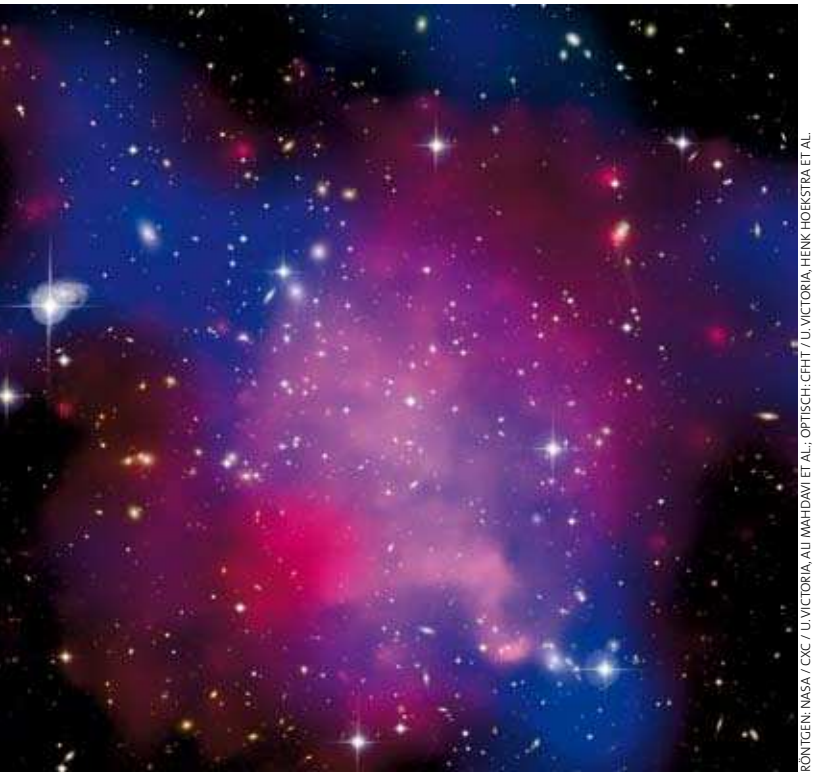
Da die von Sternen ausgehende ultraviolette Strahlung Elektronen aus Molekülen herauslösen kann, sind positiv geladene Moleküle im Weltall leicht zu erklären. Dass aber negativ geladene Verbindungen ihre zusätzlichen Elektronen über längere Zeit halten können, verwundert die Wissenschaftler. <<

NASA, JPL / CALTECH

EXOTEN Ein Stern mit Kometenschweif?

Der Stern Mira im Sternbild Walfisch besitzt einen gigantischen kometenähnlichen Schweif. Der Kokon aus Gas zieht sich 13 Lichtjahre weit in den Kosmos hinein – das ist mehrere tausendmal so lang wie der Durchmesser unseres Sonnensystems.

Obwohl der rote Riesenstern seit über vier Jahrhunderten bekannt ist, entdeckten Astronomen um Mark Seibert von der Carnegie Institution seinen Anhang erst jetzt mit Hilfe des Weltraumteleskops Galex (Galaxy Evolution Explorer). Im Zuge einer großräumigeren Durchmusterung des Himmels im ultravioletten Licht, spürten sie die nur in diesem Spektralbereich sichtbare Gasfahne auf. Der rund 350 Lichtjahre entfernte Stern rast mit einer Geschwindigkeit von fast 500 000 Kilometern pro Stunde durch den Kosmos. Dabei bläst der alternde, einst unserer



RÖNTGEN: NASA / CXC / U.VICTORIA, ALI MAHDAVI ET AL.; OPTISCH: CFHT / U.VICTORIA, HENK HOEKSTRA ET AL.

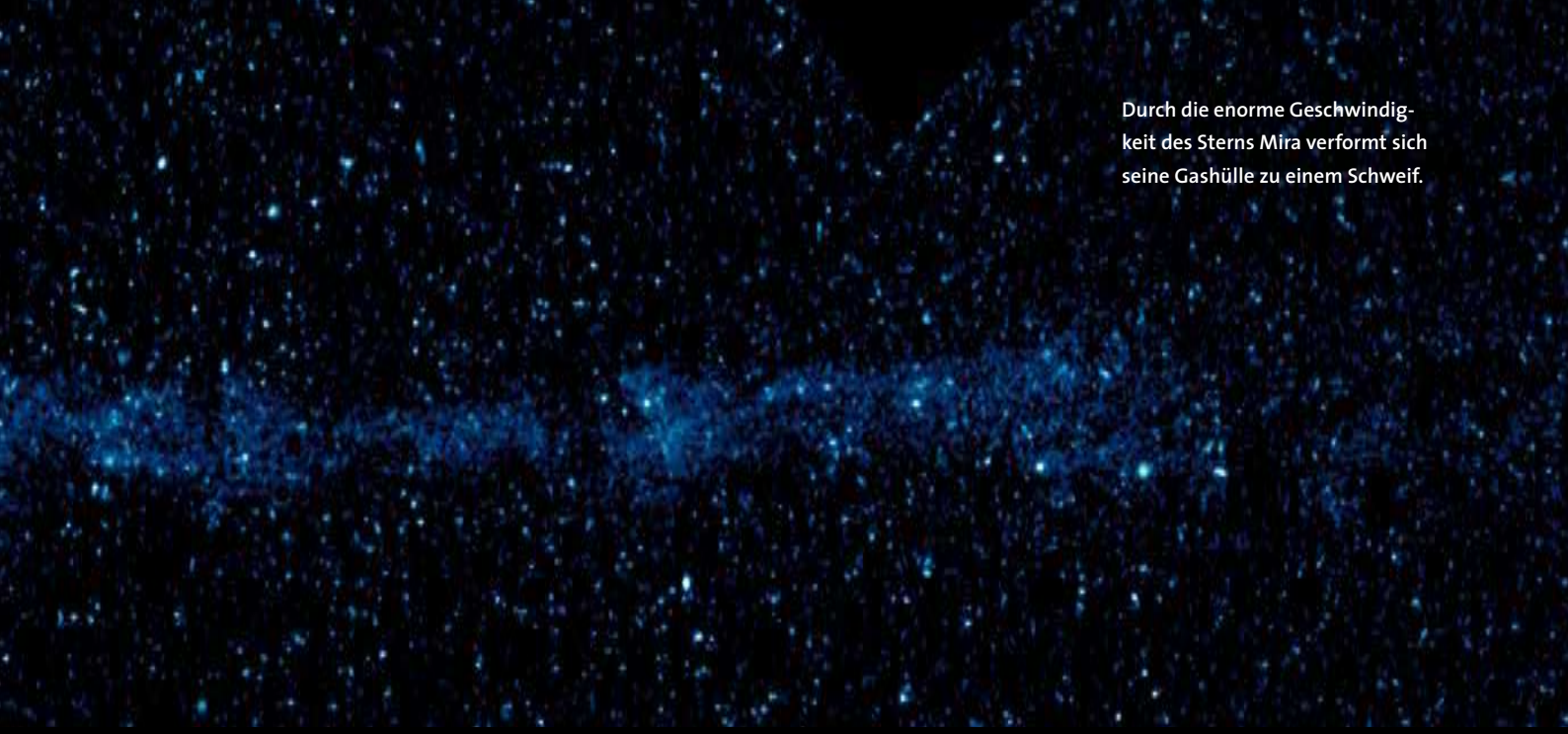
Die Verteilung von Dunkler Materie (blau), heißem Gas (rot) und den einzelnen Galaxien (gelb und orange) im Galaxienhaufen Abell 520 gibt den Forschern Rätsel auf.

KOSMOLOGIE Materie tanzt aus der Reihe

Die Dunkle Materie in einem System aus zwei verschmelzenden Galaxienhaufen scheint anders im Raum verteilt zu sein, als es gängige Modelle vorhersagen. Das fanden Wissenschaftler heraus, als sie Aufnahmen in verschiedenen Spektralbereichen kombinierten.

Das Weltraumteleskop Chandra weist das mehrere Millionen Grad Celsius heiße Gas zwischen den Galaxien in Abell 520 nach, das im Röntgenlicht strahlt, während optische Aufnahmen die einzelnen Sternsysteme festhielten. Da die Dunkle Materie das Licht von Hintergrundobjekten ablenkt, konnten die Wissenschaftler aus deren Verzerrungen auf die Verteilung der unsichtbaren Masse schließen.

Auf dem zusammengesetzten Bild erscheinen die Galaxien abgetrennt von einem Kern aus Dunkler Materie. Ein Großteil der unsichtbaren Masse verblieb nach der Kollision scheinbar mitsamt dem heißen Gas in der Mitte des Haufens, während die Galaxien sich wie erwartet fortbewegten. »Es ist das erste Mal, dass wir so



Durch die enorme Geschwindigkeit des Sterns Mira verformt sich seine Gashülle zu einem Schweif.

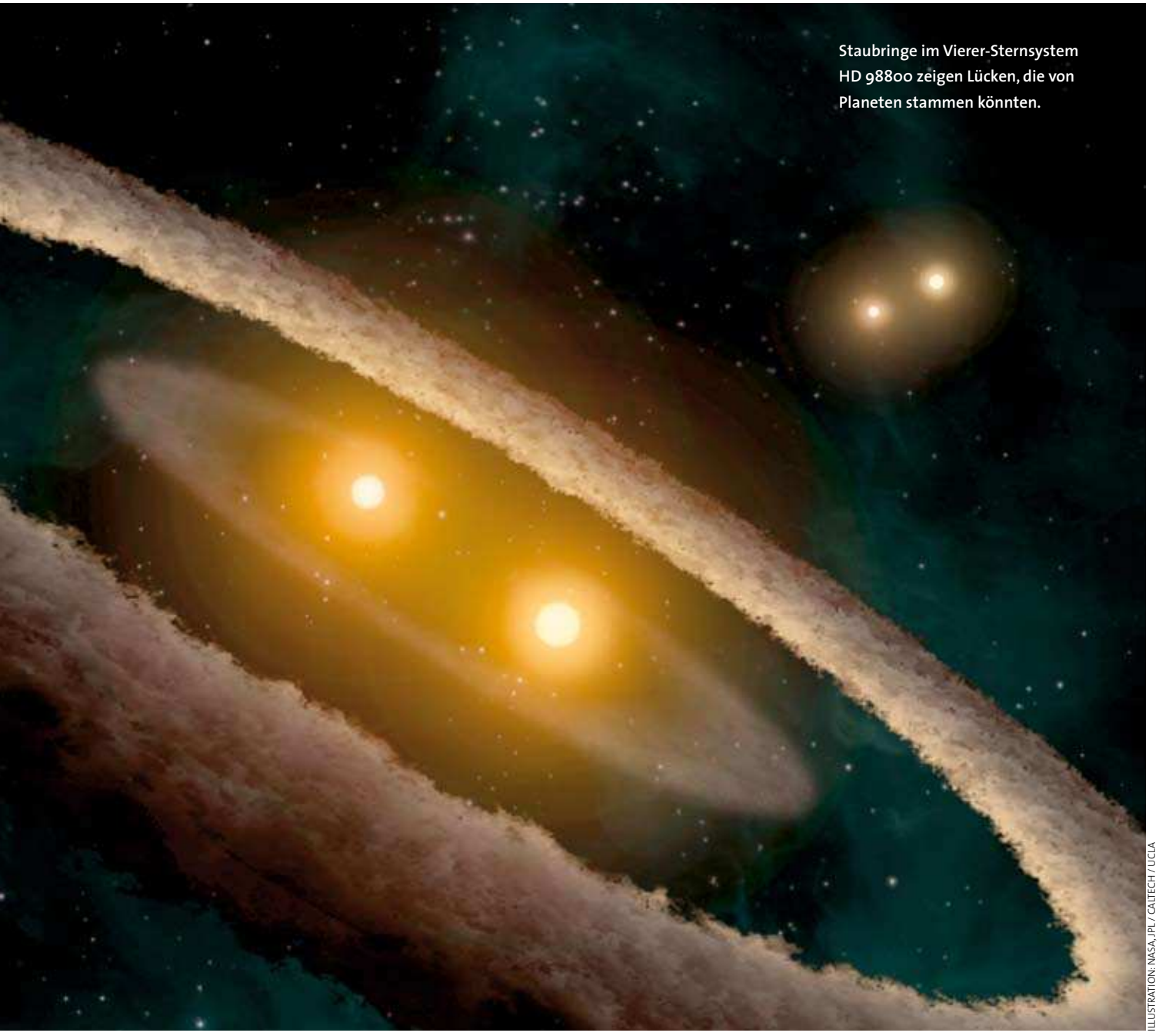
Sonne ähnliche Rote Riese seine äußere Hülle ins All, wie es von vielen alten Sternen bekannt ist. In diesem Fall jedoch ähnelt der Schweif der Rauchfahne einer Dampflok, berichten die Forscher. Nichts Derartiges sei jemals bei einem Stern beobachtet worden. Da der Schweif aus dem Material besteht, das Mira in den vergangen 30 000 Jahren verloren hat, dokumentiert er die Vergangenheit des Sterns – durchlaufene Stadien können die Forscher wie bei den Jahresringen eines Baums analysieren.

Die Astronomen hoffen, mit den jetzigen Beobachtungen auch genauere Vorhersagen über das Endstadium der Sonne treffen zu können, die sich in ein paar Milliarden Jahren ebenfalls zu einem Roten Riesen aufblähen und mit ihrer Hülle zahlreiche chemische Elemente wie Kohlenstoff und Sauerstoff abstoßen wird. <<

etwas beobachten«, berichtet Hendrik Hoekstra von der University of Victoria in British Columbia.

Nach heutigen Vorstellungen besteht ein gebundenes System aus Galaxien zum Großteil aus Dunkler Materie, die sich selbst nach einem Zusammenprall wie in Abell 520 nicht von den Galaxien abspalten sollte. Ob das Modell der Dunklen Materie oder aber das bisherige Verständnis solcher kosmischen Kollisionen fehlerhaft ist, gilt es nun zu klären.

Zunächst sollen allerdings Folgebeobachtungen mit Chandra und dem Weltraumteleskop Hubble die ungewöhnliche Verteilung bestätigen. <<



Staubringe im Vierer-Sternsystem HD 98800 zeigen Lücken, die von Planeten stammen könnten.

ILLUSTRATION: NASA, JPL / CALTECH / UCLA

SONNENSYSTEME Planeten im Sternquartett?

Im 150 Lichtjahre entfernten Sternsystem HD 98800 bilden vier Sonnen zwei Doppelsternpaare, die einander in großem Abstand umkreisen. Eines der Paare ist von einer Staubscheibe umgeben, in der die Materie ungleichmäßig verteilt ist.

Forscher vermuten, dass aus solchen Scheiben Planeten hervorgehen: Im Lauf von Jahrmillionen klumpen die Teilchen zusammen, bis die stetig wachsenden Massehaufen irgendwann allen Staub in ihrer Umlaufbahn aufgesammelt haben.

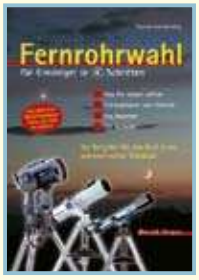
Mit Hilfe des Infrarotteleskops Spitzer fanden Wissenschaftler um Elise Furlan von der University of California in Los Angeles nun heraus, dass die Staubscheibe im Fall von HD 98800 in zwei getrennte Ringe zerfällt. Der innere besteht aus feinen Staubkörnern, während sich im äußeren hauptsächlich Asteroiden und Kometen befinden. Kollidieren diese auf ihrer Umlaufbahn, entsteht feiner Partikelstaub, der zum inneren Ring wandert. Dabei verteilt er sich jedoch nicht gleichmäßig, sondern hinterlässt Lücken.

Diese können zwei Ursachen haben: Entweder verhindern die komplizierten gravitativen Wechselwirkungen der vier Sterne eine homogene Verteilung der feinen Partikel oder um die vier Sterne haben sich schon Planeten gebildet, die auf Kosten des Staubs stetig weiterwachsen.

Die Entstehung von Planeten dürfte in einem Mehrfachsystem allerdings deutlich komplizierter ablaufen als in unserem recht einfachen Sonnensystem, so Furlan. <<

Science-Shop.de

vor allem Wissen



Ronald Stoyan

■ Fernrohrwahl für Einsteiger in 4 Schritten

Ein Ratgeber für den Kauf des ersten astronomischen Fernrohrs

2007, 160 S. m. 100 farb. Abb., kart., Oculum.
Bestell-Nr. 2364.
€ 17,90 (D), € 18,40 (A)

Ausführlich werden die Fernrohrtypen mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt, sinnvolle Auswahlkriterien besprochen, nützliches Zubehör vorgestellt und erläutert, wie man die Qualität eines Fernrohrs schnell beurteilt.
Dazu eine umfangreiche tabellarische Übersicht von mehr als 500 auf dem deutschen Markt erhältlichen Teleskopmodellen, von denen die 20 beliebtesten Einsteigergeräte ausführlich besprochen werden. Für ungetrübte Freude an der Himmelsbeobachtung.

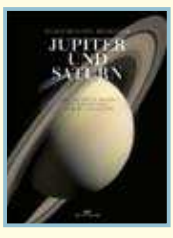
Harald Lesch

■ Astrophysik – Das Universum, 3 DVD-Videos

Der Anfang von allem; Dunkle Kräfte und Energien; Der Kreislauf der Materie.

uni auditorium, 2007, Laufzeit: 183 Min., 3 DVD-Videos, Komplett-Media.
Bestell-Nr. 2413.
€ 39,95 (D), € 39,95 (A)

Das Wissen dieser Welt wird in den Hörsälen der Universitäten gelehrt. Die »Uni ins Wohnzimmer« bringen die Vorlesungen der Reihe »Uni auditorium« mit Themen aus vielen Fachbereichen. Wir starten mit drei Vorlesungen von Harald Lesch zum Thema Astrophysik.
Weitere DVDS und Hörbücher aus der Reihe »Uni auditorium« finden Sie unter:
www.science-shop.de/uniauditorium



Guillaume Cannat/Didier Jamet

■ Jupiter und Saturn

Die schönsten Bilder der Raumsonden Galileo und Cassini

2007, 127 S. m. 58 Duoton-Abb. u. 78 Farbabb. sowie 53 Abb., geb., Delius Klasing. *Bestell-Nr. 2376.*
€ 22,– (D), € 22,70 (A)

In großformatigen Bildern präsentiert dieser Band die schönsten und erstaunlichsten Seiten von Jupiter und Saturn sowie ihrer Monde. Dazu jede Menge fundierte Hintergrundinformationen – fliegen Sie mit! Besonderes Extra: Ein vierseitiges Ausklappbild präsentiert ein eindrucksvolles Panorama der Ringe des Saturn.

B. May/P. Moore/C. Lintott

■ Bang! Die ganze Geschichte des Universums

2007, 192 S. m. 200 Farbabb., geb., Kosmos.
Bestell-Nr. 2440.
€ 29,90 (D),
€ 30,80 (A)

Brian May unterbrach seine Laufbahn als Astrophysiker, um mit der Rockgruppe Queen Musikgeschichte zu schreiben. Jetzt beschäftigt er sich wieder mit dem ganz großen Knall, dem Urknall oder eben Big Bang. Auf dem neuesten Stand der Wissenschaft, in brillanter Klarheit geschrieben und in außergewöhnlicher Qualität illustriert, erzählt »Bang!« die ganze Geschichte des Universums – vom Urknall über die Entstehung der Sterne bis zum finalen Ende in ewiger Finsternis.

Portofreie Lieferung in D & A ab einem Bestellwert von € 20,–*

Ralf Klessen

■ Sternentstehung

Von Urknall bis zur Geburt der Sonne

2006, 82 S. m. 40 Farbabb., kart., Spektrum Akademischer Verlag.
Bestell-Nr. 2262.
€ 12,– (D), € 12,40 (A)

Die ersten Sterne bildeten sich bereits wenige hundert Millionen Jahre nach dem Urknall und Sterne entstehen auch heute noch, etwa 13 Milliarden Jahre später. Der Heidelberger Professor Ralf Klessen erläutert die astrophysikalischen Grundlagen des Sternbildungsprozesses auf knappe, anschauliche und reich illustrierte Weise.

Carole Stott

■ Nachthimmel

Praktische Astronomie für Einsteiger. Mit Planispäre zum Herausnehmen

2007, 144 S., geb., Coventgarden.
Bestell-Nr. 2373.
€ 9,95 (D), € 10,30 (A)

Anschaulich und leicht verständlich zeigt dieses Buch, wie man die wichtigsten Sternbilder finden kann, wie sich Kometen, Planeten und andere Himmelsphänomene beobachten lassen und welche astronomischen Hilfsmittel man dazu benötigt. Neben eindrucksvollen Astrofotografien und detaillierten Himmelskarten gibt es eine drehbare Sternkarte zum Herausnehmen, die eine Zuordnung der Sterne zum jeweiligen Sternbild zu jeder Nacht- und Jahreszeit ermöglicht.

Harald Lesch

■ Alpha Centauri, Teil 13, DVD-Video

Die Welt der Galaxien/ Geheimnisse der Natur

2007, 143 Min., BRW-Service.
Bestell-Nr. 2365.
€ 19,95 (D), € 19,95 (A)

Harald Lesch

■ Alpha Centauri, Teil 14, DVD-Video

Ganz Irdisches/Explosionen im Kosmos

2007, 143 Min., BRW-Service.
Bestell-Nr. 2366.
€ 19,95 (D), € 19,95 (A)

Bestellen Sie gleich beide DVDs im Paket und sparen Sie:

■ Alpha Centauri, Teil 13 u. 14 im Paket

Bestell-Nr. 2367. **€ 34,95 (D),** € 34,95 (A)

Prof. Dr. Harald Lesch, Astrophysiker an der Ludwig-Maximilians-Universität, München, erklärt in seinem einzigartig lockeren und leicht verständlichen Stil Themen aus der Astronomie. Mal Naheliegendes, mal Abgefahrenes, aber immer spannend und vor allem unterhaltsam.
Suchen Sie ältere Folgen der beliebten Sendereihe? Rufen Sie uns einfach an oder besuchen Sie uns im Internet:
www.science-shop.de/alphacentauri

■ RedShift 5, CD-ROM

Das virtuelle Planetarium

2003, m. Handbuch, CD-ROM, USM. Bestell-Nr. 1587.
€ 20,– (D), € 20,– (A)

Wir bieten Ihnen Restexemplare der Vorgängerversion von »Redshift 6« jetzt besonders günstig. Für Windows 98, ME, 2000, XP, mit ausführlichem Handbuch. Bitte beachten: Für das Betriebssystem XP mit Service-Pack 2 ist zur Installation ein Patch notwendig, dass Sie unter **www.redshift.de** erhalten.

Govert Schilling

■ Unser Universum

Vom Urknall in die Unendlichkeit

Sonderausgabe 2007, 144 S. m. 130 Farbabb., geb., Kosmos.
Bestell-Nr. 2384.
Früher € 29,90 jetzt nur
€ 14,95 (D), € 15,40 (A)

In wunderschönen Bildern und fast schon poetischen Worten führt Sie dieses Buch durch das Universum. Jetzt neu als preisgünstige Sonderausgabe!

Besuchen Sie uns im Internet unter:
www.science-shop.de

Bequem bestellen:
→ **direkt bei** www.science-shop.de
→ **per E-Mail:** info@science-shop.de
→ **telefonisch** 06221/9126-841
→ **per Fax:** 0711/7252-366
→ **per Post:** Postfach 810680 · 70523 Stuttgart

*Bestellungen in D & A unter € 20,– sowie Bestellungen im sonst. Ausland berechnen wir mit € 3,50. Alle Preise inkl. Umsatzsteuer. Preise unter Vorbehalt. Spektrum der Wissenschaft Verlagsges. mbH

DAS UNIVERSUM
in zehn MILLIARDEN JAHREN

Astronomen denken zwar berufsbedingt in langen Zeiträumen. Aber die ferne Zukunft unseres Universums vorherzusagen ist auch für sie keine triviale Aufgabe.

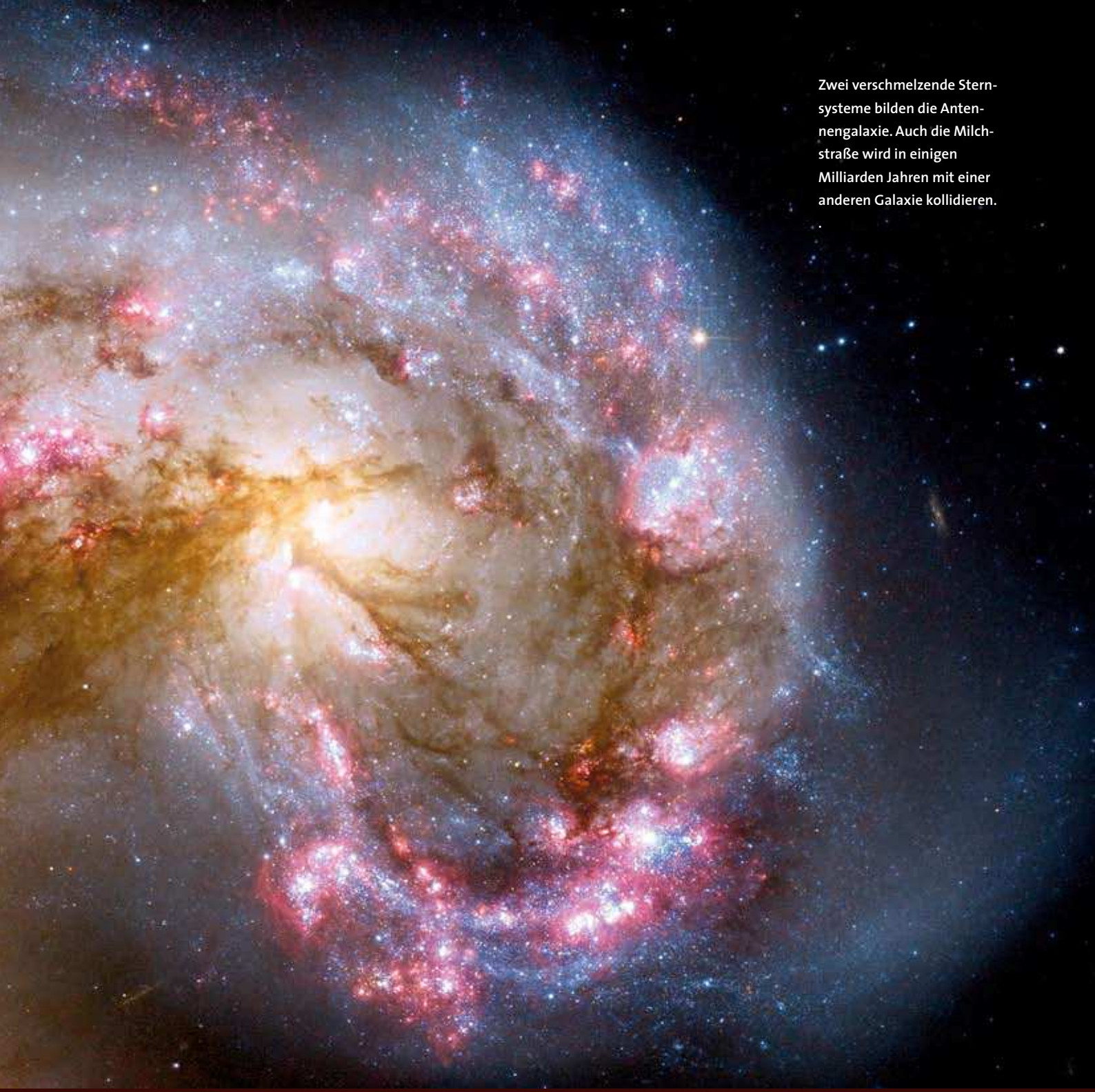
VON HERMANN-MICHAEL HAHN

Vor rund einem halben Jahrtausend wäre Sternenkundlern die Antwort auf die Frage nach dem Schicksal des Kosmos relativ leicht gefallen: In der antiken Tradition galt der nächtliche Sternhimmel als Symbol des ewig Unveränderlichen, dessen Erscheinungsbild sich in endlosen Zyklen immer wieder aufs Neue wiederholt. So hätte selbst Nikolaus Kopernikus, dessen heliozentrisches Weltbild für damalige Zeiten sehr fortschrittlich war, wohl guten Glaubens erzählt: »Wenn die Sterne bis dahin noch nicht vom Himmel gefallen sind und das Ende der Welt gekommen ist, wird das Firmament noch genauso aussehen wie heute.«

Immer tiefere Blicke ins All und damit in seine Vergangenheit zeichnen jedoch ein ganz anderes Bild. Es spricht von einem Kosmos, der sich fortwährend entwickelt und dessen Inhalt alles andere als ewig ist. Der Blick in die Zukunft gestaltet sich für Astronomen schwieriger. Ihr bisher angehäuftes Wissen über das All gibt ihnen zwar gewisse Konturen vor, doch letztlich bedarf es auch einer Menge Spekulation.

Sicher ist, entgegen den alten Ansichten, dass das Leben der Sterne nicht endlos währt, da ihnen keine unerschöpfliche Energiequelle zur Verfügung steht. So wird

NASA / ESA, STSCI



Zwei verschmelzende Sternsysteme bilden die Antennengalaxie. Auch die Milchstraße wird in einigen Milliarden Jahren mit einer anderen Galaxie kollidieren.

die Sonne in rund acht Milliarden Jahren zu einer erdgroßen Kugel zusammenschrumpft sein und als Weißer Zwerg langsam auskühlen. Sternen, die massereicher sind als fünf Sonnenmassen, blüht ein anderes Schicksal: Sie kollabieren zu Neutronensternen. Bei einem Durchmesser von zwanzig bis dreißig Kilometern und nahezu unveränderter Masse ist deren Anziehungskraft so hoch, dass ein Mensch – könnte er denn auf einem solchen Exoten stehen – etwa zehn Milliarden Tonnen wiegen würde. Besitzt der Stern mehr als 15 Sonnenmassen, wird er am Ende seines Lebens zu einem Schwarzen Loch zusammenfallen. Hier ist die Materie so eng zusammengepresst, dass nicht einmal mehr Strahlung entweichen kann. Viele dieser kompakten Objekte werden im Lauf der nächsten Milliarden Jahre entstehen. In manchen Fällen können Astronomen die Wandlung sogar beobachten, denn sie vollzieht sich in einer glamourösen Supernova-Explosion (siehe AH 10/2005, S. 24).

Diese gewaltigen Sterntode sowie die Entstehung neuer Gestirne verändern die Galaxien und deren Dynamik fortwährend. Schon im 18. Jahrhundert bemerkte der Engländer Edmond Halley, dass der Stern Arktur am Nordhimmel mehr als

NASA, JPL / CALTECH / LAEFF-INTA, DAVID BARRADO Y NAVASCUÉS

In der Sternentstehungsregion Barnard 30 heizen die jungen Gestirne den Staub (orange) auf. Im Vordergrund liegen Sterne der Milchstraße (blau).

ESA

HIPPARCOS

Der 1989 gestartete Esa-Satellit bestimmte bis 1993 die Positionen von Sternen jeweils zu verschiedenen Zeitpunkten, sodass Wissenschaftler auf deren Bewegungen schließen konnten. Als Nachfolger von Hipparcos plant die Esa das Projekt Gaia, in dem ab 2011 rund eine Milliarde Sterne vermessen werden sollen.

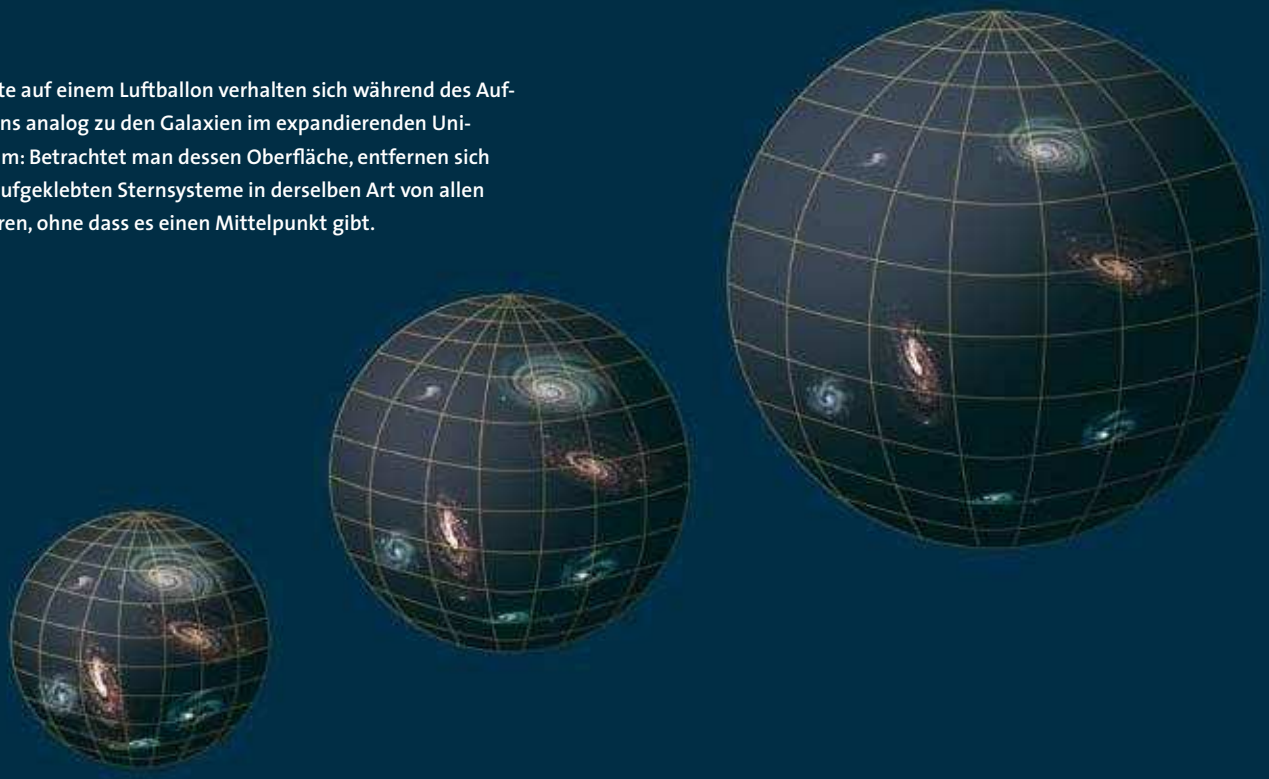
zwei Vollmondbreiten neben der von Hipparch rund zweitausend Jahre zuvor in seinem Sternkatalog vermerkten Position stand. Inzwischen hat ein nach dem antiken Astronomen benannter Satellit Positionen, Entfernungen und Eigenbewegungen von mehr als hunderttausend Sternen in der Sonnenumgebung mit hoher Genauigkeit vermessen (siehe Kasten links). Forscher sind damit in der Lage, den Anblick des Firmaments zumindest für die nächsten Jahrmillionen recht gut vorherzusagen. So wird zum Beispiel Sirius seine Vormachtstellung in rund 210 000 Jahren verlieren und an Wega abtreten müssen, in rund 500 000 Jahren übernimmt dann Kanopus vorübergehend diese Rolle, und in spätestens einer Million Jahre wird Beta Aurigae als hellster Stern am Nachthimmel leuchten. Aber selbst noch so präzise Messungen vermitteln – astronomisch gesehen – lediglich eine Momentaufnahme, denn die alles andere als starre Rotation der Milchstraße mischt die Sonnenumgebung immer wieder neu auf, sodass wirklich langfristige Simulationen praktisch unmöglich sind.

Ewige Expansion

Die Erkenntnis, dass etliche der diffus erscheinenden Nebelflecken am Nachthimmel in Wirklichkeit eigenständige Sternsysteme ähnlich unserer Milchstraße sind, ist noch keine hundert Jahre alt. Bis dahin gingen die Menschen davon aus, dass unsere Milchstraße allein im Kosmos sei und gleichsam das gesamte Weltall darstelle. Die leistungsfähigeren Teleskope, die in den ersten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts eine Revision dieses monogalaktischen Weltbilds notwendig machten, zwangen die Astronomen auch dazu, eine weitere Überzeugung aufzugeben: Das Universum schien nicht statisch zu sein. Diese Eigenschaft verriet sich darin, dass das Licht ferner Galaxien zu längeren Wellenlängen verschoben war, wenn es die Erde erreichte.

Edwin Hubble deutete das Phänomen der Rotverschiebung richtig als Hinweis auf eine allgemeine Expansion des Weltalls. Der Raum zwischen den einzelnen Galaxien strebt auseinander und erzeugt so den Eindruck, als würden sich diese selbst von uns fortbewegen – umso rascher, je weiter sie entfernt sind. Tatsächlich aber gibt es keinen Mittelpunkt bei dieser Ausdehnung (siehe Bild S. 23). Die Lichtwellen aus fernen Sternsystemen werden auf ihrem Weg zur Erde förmlich gestreckt, da sich der Raum während ihrer Reise ausdehnt.

Hubble formulierte zunächst einen linearen Zusammenhang zwischen der Entfernung einer Galaxie und der an ihr gemessenen Rotverschiebung – ein Bild, das später mehrfach revidiert werden musste, etwa durch die Relativitätstheorie und zuletzt durch den neuen Befund, dass die Ex-



Punkte auf einem Luftballon verhalten sich während des Aufblasens analog zu den Galaxien im expandierenden Universum: Betrachtet man dessen Oberfläche, entfernen sich alle aufgeklebten Sternsysteme in derselben Art von allen anderen, ohne dass es einen Mittelpunkt gibt.

AH / SIGANIM

pansion des Universums nicht gleichförmig, sondern beschleunigt verläuft. Im Umkehrschluss bedeutet Hubbles Entdeckung allerdings auch, dass sich die Objekte im All in früheren Zeiten womöglich alle an ein und demselben Ort befanden. Inzwischen sind sich Kosmologen dessen ziemlich sicher: Raum und Zeit sind ihren Modellen zufolge vor rund 13,7 Milliarden Jahren im Urknall entstanden (siehe AH 1-2/2006, S. 24). Somit hat das heute für uns prinzipiell überschaubare Universum einen Durchmesser von etwa 27,4 Milliarden Lichtjahren.

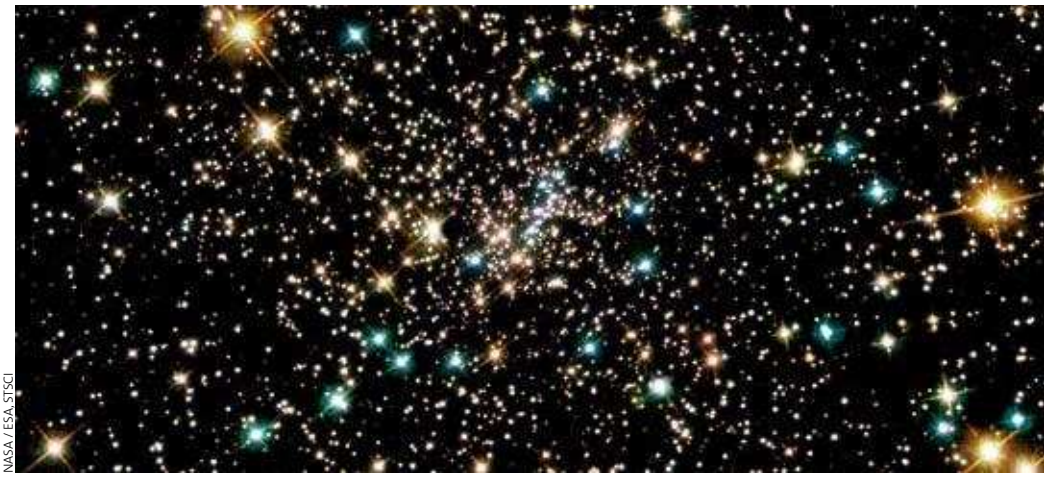
Verborgene Vergangenheit

Nach weiteren zehn Milliarden Jahren werden sich die Entfernungen der auseinandertreibenden Galaxien um rund 73 Prozent vergrößert haben. Da die Helligkeit dadurch auf ein Drittel des gegenwärtigen Wertes abfällt, wird der Himmel gleichsam leerer.

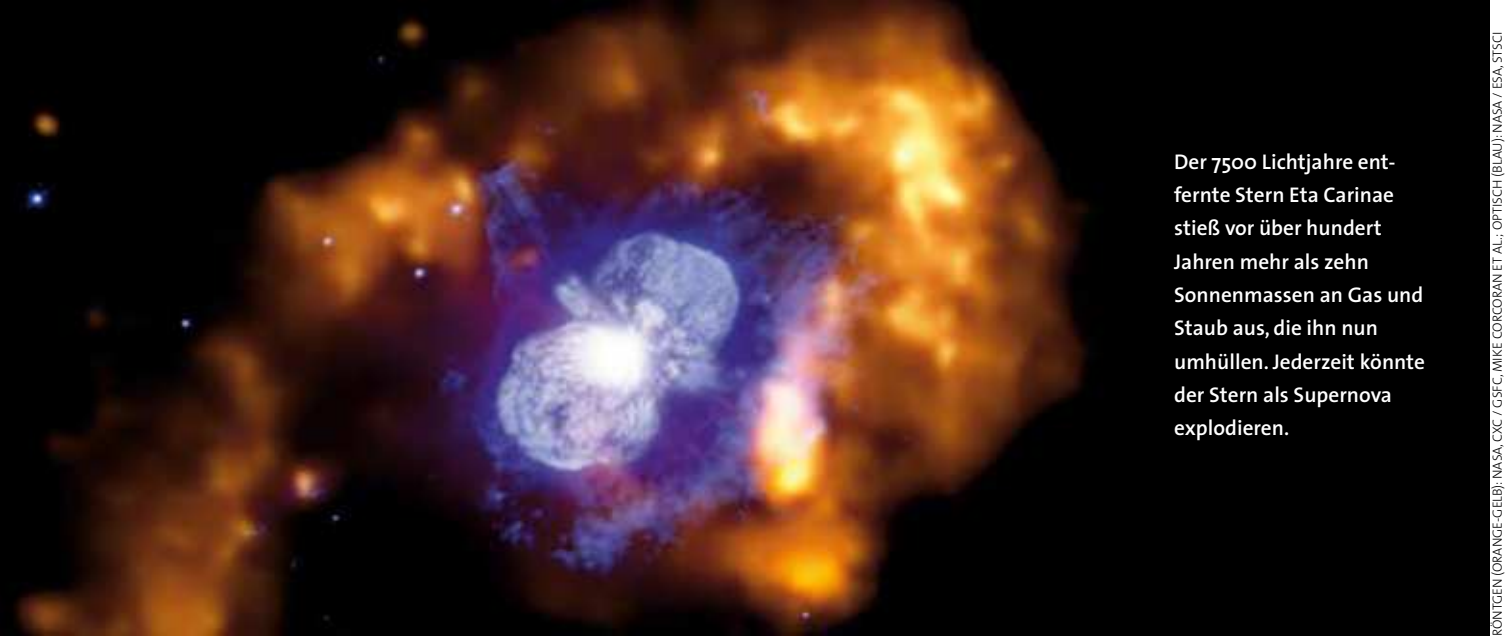
Die Expansion des Raums hält den derzeitigen Modellen zufolge weiterhin an, und so wird sich der Effekt der Galaxienverarmung noch verstärken – innerhalb der nächsten zehn Milliarden Jahre allerdings noch nicht in wirklich dramatischem Umfang: Bis der nächste größere Galaxienhaufen im Sternbild Jungfrau, dessen derzeitige Entfernung auf rund 60 Millionen Lichtjahre geschätzt wird, so weit abgerückt ist, dass seine Helligkeit unter die Nachweisgrenze heutiger Teleskope sinkt, muss das Universum selbst bei einer zunehmend beschleunigten Expansion erst mehrere Billionen Jahre alt werden, also einige hundertmal älter als heute.

Astronomen blieben dann einzig und allein Galaxien aus der so genannten Lokalen Gruppe, um das Universum zu studieren. Die Milchstraße und rund dreißig weitere Welteninseln gehören zur diesem Galaxienhaufen, dessen Mitglieder durch ihre gegenseitige Anziehungskraft aneinander gebunden sind. Deshalb sind sie nicht von der allgemeinen Expansion des Raums betroffen und Forscher würden beim Anblick eines solchen Himmels auf ein statisches Universum schließen – Beweise für ein auseinanderstrebendes Universum und einen Urknall wären verschwunden. In ihren

Ein Blick ins Zentrum des 8200 Lichtjahre entfernten Kugelsternhaufens NGC 6397. In Systemen wie diesem ist der Abstand zwischen den einzelnen Sternen vergleichsweise gering. So kommen sich manche von ihnen gelegentlich sehr nahe oder kollidieren sogar.



NASA / ESA, STScI



Der 7500 Lichtjahre entfernte Stern Eta Carinae stieß vor über hundert Jahren mehr als zehn Sonnenmassen an Gas und Staub aus, die ihn nun umhüllen. Jederzeit könnte der Stern als Supernova explodieren.

RÖNTGEN (ORANGE–GELB): NASA, CXC / GSFC, MIKE CORCORAN ET AL.; OPTISCH (BLAU): NASA / ESA, STSCI

Augen hätte Kopernikus mit seiner Aussage also gar nicht so Unrecht gehabt.

Schon viel früher wird allerdings eine Galaxie vom irdischen Himmel verschwinden, die heute als nächstes größeres Sternsystem eine herausragende Stellung einnimmt: die etwa 2,5 Millionen Lichtjahre entfernte Andromeda-Galaxie.

Da die gravitative Bindung zwischen den Mitgliedern der Lokalen Gruppe stärker ist als die allgemeine Hubble-Expansion, entfernen sich diese Galaxien nicht voneinander, sondern bewegen sich im freien Kräftespiel ihres gemeinsamen Schwerefelds. Dabei scheint sich die Andromeda-Galaxie anders zu verhalten als ferne Sternsysteme – das von ihr ausgesandte Licht ist im Gegensatz zu sich von uns wegbewegenden Galaxien zu kürzeren Wellenlängen verschoben. Aus dieser Blauverschiebung leiten die Forscher ab, dass sich die beiden größten Galaxien der Lokalen Gruppe mit einer Geschwindigkeit von 120 Kilometer pro Sekunde aufeinander zubewegen.

Auf Kollisionskurs

Neueste Simulationsrechnungen zeigen, dass die beiden Galaxien bereits in weniger als zwei Milliarden Jahren erstmals aufeinanderprallen und sich gegenseitig durchdringen (siehe AH 5/2007, S. 18). Zusammenstöße zwischen Sternen passieren dennoch kaum, denn die Abstände sind riesig: Der nächste Nachbar der Sonne ist allein schon 4,3 Lichtjahre entfernt. Wie von anderen Galaxienkollisionen bekannt, werden aber große Mengen an Gas und Sternen aus beiden Systemen herausgerissen und bilden vorübergehend lange Materieausläufer. Vermutlich wird die Sonne aber auch danach noch zur Milchstraße gehören, denn die Wahrscheinlichkeit, auch hinausgeschleudert zu werden, liegt diesen Simulationen zufolge bei etwa 1 : 8.

In weniger als zwei Milliarden Jahren
kollidiert die Milchstraße mit einer anderen Galaxie

Anschließend werden sich die beiden Galaxienreste noch einmal voneinander entfernen, um schließlich wieder umzukehren und nach weiteren eineinhalb Milliarden Jahren erneut zu kollidieren. Auch aus dieser zweiten Runde können sich die mittlerweile stark zerfetzten Sternsysteme noch einmal lösen, wobei die Sonne und ihre Planeten sogar mit einer Wahrscheinlichkeit von immerhin 1 : 37 zur Andromeda-Galaxie abwandern. Beide Spiralgalaxien werden letztlich zu einem neuen, elliptischen Sternsystem verschmelzen – vermutlich mit der sich langsam aufblähenden Sonne irgendwo in den äußeren Randbezirken.

Während dieser Zeit wird sich potenziellen Himmelsbeobachtern ein faszinierender Anblick bieten: Statt einer Milchstraße sähen sie nun zwei dieser Leuchtbänder am Himmel, die sich – wenngleich nach menschlichen Maßstäben auch unmerklich langsam – gegenseitig durchdringen, Lichtbrücken bilden und sich schließlich zu einem diffusen Leuchten verbinden, das den ganzen Himmel erfüllt. <<

HERMANN-MICHAEL HAHN *arbeitet als Wissenschaftsjournalist und Buchautor in Köln.*

Mehr zu diesem Artikel lesen Sie unter astronomie-heute.de/artikel/902889.

NASA, MSFC

DER NACHBAR

Obwohl die Andromeda-Galaxie mit bloßem Auge sichtbar ist, entdeckte sie erst der arabische Astronom al Sufi im 10. Jahrhundert. Lange Zeit galt sie als Teil der Milchstraße und wurde für einen Nebel gehalten. Auch heute noch ist sie als Andromedanebel bekannt.

Leserreisen Skandinavien und Chile

Im Frühjahr 2008 bietet **astronomie heute** zwei astronomische Erlebnisreisen: zu den größten Sternwarten der Welt in Chile und zu den spektakulären Polarlichterscheinungen Nordskandinaviens.

Polarlichtreisen
In den hohen Norden

Die erste Polarlicht-Leserreise nach Nordskandinavien war ein voller Erfolg: viele fantastische Polarlichterscheinungen, wie sie nur nördlich des Polarkreises zu erwarten sind. Optimale Reisezeit ist der März. Astronomische Höhepunkte: Polarlichtbeobachtungen und Führung beim Polarlichtobservatorium in Sodänkylä. Unsere Reise beginnt mit einem neuntägigen Aufenthalt in Lappland mit vielen Wintererlebnissen. Der Inarisee und das Pasviktal an der russischen Grenze bieten viele Möglichkeiten: Husky-, Rentier- oder Schneescooter-Safaries und skandinavische Sauna.

Als Verlängerungsoption beginnt in Kirkenes eine sechstägige Kreuzfahrt entlang der malerischen norwegischen Küste nach Bergen. Es erwarten uns viele Küstenstationen: Über Hammerfest, Tromsø, die Inselwelt der Lofoten, Bodø, Trondheim geht es nach Bergen. Diese faszinierende Hurtigruten-Kreuzfahrt bietet eine stattliche Zahl von Landexkursionen, und an Bord genießen Sie alle Annehmlichkeiten eines modernen Kreuzfahrtschiffs.

Die Reise wird von unserem erfahrenen Reiseleiter Joachim Biefang fachkundig betreut: mit Vorträgen und laserunterstützten Führungen am Nordhimmel – ein handliches Planetarium und ein Teleskop sind auch mit dabei.

Hauptreise 3. 3. bis 11. 3. 2008:
Preis € 1680,– im DZ/HP, Verlängerung:
11. 3.–17. 3. 2008: Preis € 1480,–

Chile
Land der Großsternwarten

Eine astronomische Erlebnisreise zu den größten Sternwarten der Welt – unter der fachkundigen Leitung von Joachim Biefang. Astronomisches Highlight ist der Besuch der europäischen und amerikanischen Großobservatorien Cerro Paranal, La Silla, Las Campanas und Cerro Pachon. Star unter allen ist der Cerro Paranal mit den berühmten vier 8,2-Meter-VLT-Teleskopen und ihrer Interferometrieanlage.

Landschaftlich stehen vor allem die Atacamawüste und die faszinierende Welt der hohen Anden auf dem Programm. Von San Pedro de Atacama, dem Tor zu den Anden, geht es zur Salzkordillere, zum viertgrößten Salzsee der Welt, den malerischen Hochlandlagunen des Altiplano und den bekannten El-Tatio-Geysiren.

Teleskopbeobachtungen am eindrucksvollen Himmel der südlichen Hemisphäre ergänzen dieses erlebnisreiche Reiseprogramm.

In einer siebentägigen Verlängerung geht es nach Südchile – das wildromantische Patagonien mit der Magellanstraße, dem Nationalpark Torres del Paine, Gletscherwelten und Pinguinkolonien.

Hauptreise 23. 1. bis 6. 2. 2008:
Preis € 3230,– im DZ/F, Verlängerung:
5. 2.–12. 2. 2008: Preis € 1250,– im DZ/F

INFOPAKET UND BUCHUNG ÜBER:

Wittmann Travel
Koldingstr. 21
22769 Hamburg
Telefon: 040 851053-76
Fax: 040 851053-77
E-Mail: info@wittmann-travel.de
Web: www.wittmann-travel.de
Reiseleitung: Joachim Biefang

ALLE BILDER: JOACHIM BIEFANG

… sich die Sonne plötzlich zum ROTEN RIESEN aufblähen würde?

In einigen Milliarden Jahren wird sich die Sonne zum Roten Riesen entwickeln. Was, wenn dieser Prozess schon jetzt beginnen würde? Ein fiktives Szenario

VON FRANK SCHUBERT

Anfangs glaubten die Astronomen, es handle sich um einen Messfehler. Aber im August 2008, nach monatelangen Beobachtungen, besteht kein Zweifel mehr: Die Dichte und die Temperatur im Sonnenkern sind so stark angestiegen, dass dort die Fusion von Helium eingesetzt hat. Die Hülle unseres Zentralsterns wird nach außen gedrückt, er beginnt sich zum Roten Riesen aufzublähen.

In den nächsten 600 Millionen Jahren, das weiß man aus Berechnungen, wird sich die Sonne auf das 160-Fache ihrer momentanen Größe ausdehnen. Ihre Leuchtkraft wird um das 2000-Fache zunehmen, während ihre Farbe von gelblich weiß nach rot wechselt. Die Temperaturen auf der Erde werden so stark ansteigen, dass höheres Leben auf ihr schon in einigen zehntausend Jahren nicht mehr existieren kann.

Schon bald dringt die Entdeckung an die Öffentlichkeit und löst einen allgemeinen Schock aus. Die tief verunsicherten Menschen suchen Trost im Glauben; sämtliche Religionen verzeichnen einen dramatischen Zulauf. Überall verkünden Endzeitpropheten ihre apokalyptischen Botschaften und Sonnenkult-Sekten schießen wie Pilze aus dem Boden.

Doch die anfängliche Erschütterung weicht bald der nüchternen Erkenntnis, dass bis zum Weltuntergang nach menschlichen Maßstäben noch viel Zeit bleibt, und es kehren wieder halbwegs normale Verhältnisse ein. Die Nationen beschließen ein gemeinsames, langfristiges Projekt zur Besiedelung des Mars. Der Planet soll der Menschheit als vorübergehende Ausweichstation dienen. Pro Jahr fließen mehrere Billionen Euro in das Unternehmen.

Einige Jahrzehnte später sind auf dem Roten Planeten die ersten ständig bewohnten Habitate entstanden. Sie verfügen über große Gewächshäuser; neu entwickelte Kernfusionsreaktoren versorgen sie mit Energie. Das überlebenswichtige Wasser wird durch Aufschmelzen des Permafrostbodens gewonnen.

Die Menschheit wandert aus

In den folgenden Jahrhunderten wird die Infrastruktur auf dem Mars immer weiter ausgebaut. Schließlich entstehen dort autonome Lebensgemeinschaften mit geschlossenen Nahrungs- und Wasserkreisläufen, die die lokalen Bodenschätze abbauen und auch ohne Unterstützung von der Erde existieren können. Zwischen den beiden Planeten entwickelt sich ein intensiver Reiseverkehr.

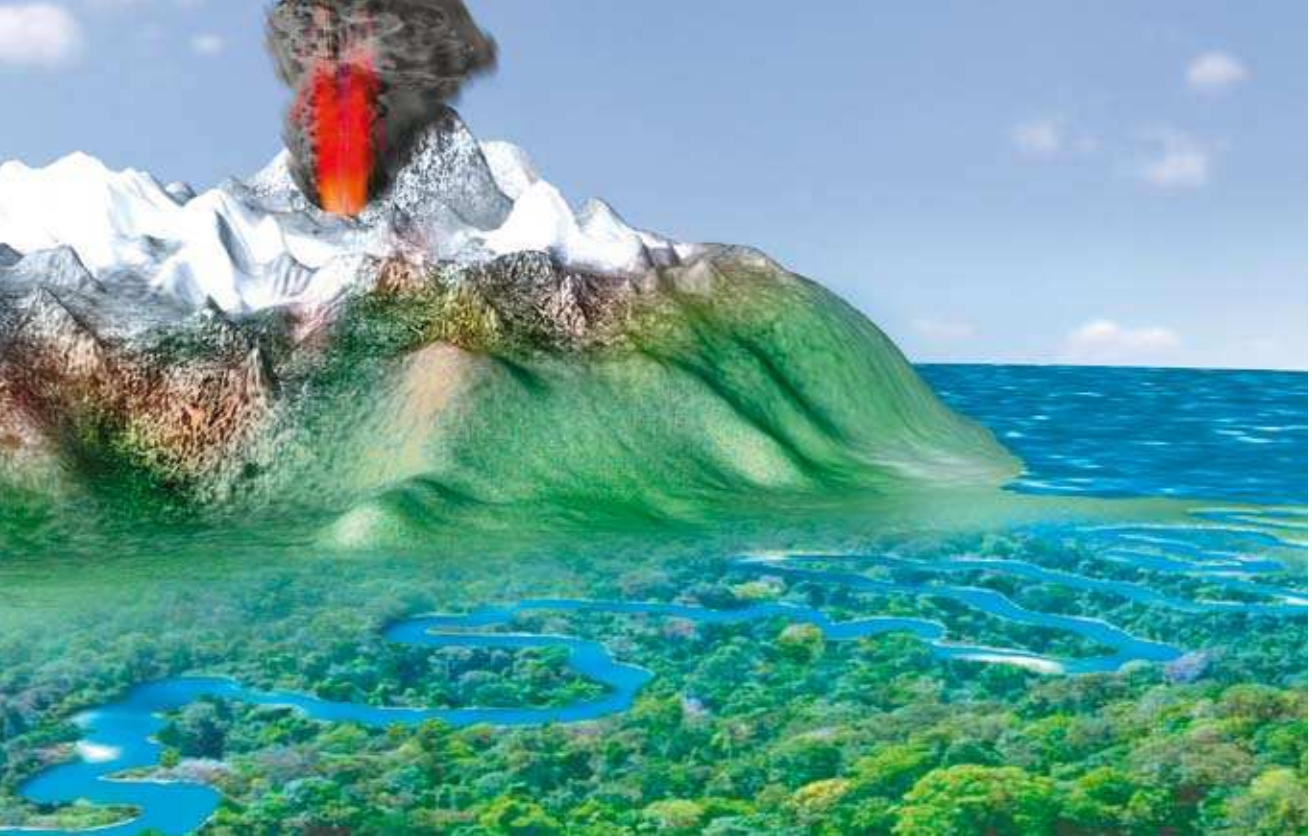
Mehr und mehr Menschen siedeln auf den Mars um. Waren es am Anfang nur einige Dutzend Pioniere, verzeichnet man nach zweihundert Jahren bereits den ein-

ZARTER PLANET

Die globale Durchschnittstemperatur hängt sehr stark von der Leuchtkraft der Sonne ab. Schon eine Zunahme von zehn Prozent würde die irdische Oberflächentemperatur von heute durchschnittlich 15 Grad Celsius auf über 40 Grad treiben. Klimaforscher gehen davon aus, dass dies ganz regulär – also, ohne dass sich die Sonne zum Roten Riesen aufbläht – in etwa einer Milliarde Jahren eintreten wird.

Wenn die Sonne sich in einen Roten Riesen verwandelt hat, werden auf der Erde weit über tausend Grad Celsius herrschen. Unter diesen Bedingungen wird die Erdoberfläche zu Magma aufschmelzen.

ILLUSTRATION: RON MILLER



BEIDE GRAFIKEN: AH / SIGANIM

millionsten Einwanderer. Neue Beförderungsmittel und die fortschreitende Erschließung des Mars beschleunigen diesen Trend immer weiter.

Auf der Erde beginnen sich die Verhältnisse unterdessen spürbar zu ändern. Die Sonnenleuchtkraft ist merklich gestiegen, eine globale Erwärmung hat eingesetzt. Die Winter werden milder und in den Sommermonaten gibt es immer längere Dürreperioden, unterbrochen von zunehmend heftigeren Unwettern. In den Tropengebieten häufen sich schwere Hurrikans. Die Gletscher verschwinden, langsam tauen die Polkappen und der grönländische Eisschild ab. Der Meeresspiegel steigt kontinuierlich an.

Bald werden die ersten Küstenregionen und Inseln überflutet. Auf den Kontinenten dehnen sich die Wüsten aus. In Europa und im Osten Nordamerikas hat paradoxerweise eine Kälteperiode eingesetzt, weil der Golfstrom im Nordatlantik zusammengebrochen ist.

Nach dem vollständigen Abtauen des Eises über Grönland und der Pole ist der Meeresspiegel um etliche Meter gestiegen. Riesige ehemalige Landflächen sind nun von Wasser bedeckt. Die globale Erwärmung beschleunigt sich, weil durch das Verschwinden der Eisflächen weniger Sonnenstrahlung ins Weltall zurückgeworfen wird. Die Meerestemperaturen klettern rasch nach oben, wodurch viele marine Arten aussterben.

Einige zehntausend Jahre nachdem die Sonne damit begann, sich zum Roten Riesen aufzublähen, erreicht die globale Durchschnittstemperatur einen Wert von dreißig Grad Celsius. Dies ist das Ende des höheren Lebens auf der Erde. Die Pflanzen halten der Hitze nicht mehr stand und gehen zu Grunde, die Landflächen verwandeln sich vollständig in Wüsten. Damit brechen die Nahrungsnetze zusammen und auch die letzten Landtiere verschwinden.

Zu diesem Zeitpunkt gibt es längst keine Menschen mehr auf dem Blauen Planeten. Sie haben sich auf dem Mars eingerichtet und beginnen damit, die Saturn- und Jupitermonde zu kolonisieren. Denn je stärker die Sonne leuchtet, umso mehr steigen die Temperaturen auf den Himmelskörpern des äußeren Sonnensystems. Noch herrschen dort eisige Verhältnisse, doch eines Tages werden sich lebensfreundlichere Bedingungen einstellen.

Bei einer weltweiten Durchschnittstemperatur von 30 Grad Celsius stirbt das höhere Leben aus

AUSWEICHEN – ABER WOHIN?

Würde die Sonne zum Roten Riesen, müssten die Menschen ins äußere Sonnensystem fliehen. Mars und die Monde von Jupiter und Saturn wären dabei nur Zwischenstationen: Auch auf ihnen würde es bald zu heiß. Im Endstadium des Roten Riesen, wenn die Sonne tausende Male heller leuchtet als heute, müsste ein Himmelskörper vierzig astronomische Einheiten von ihr entfernt sein, damit auf ihm lebensfreundliche Temperaturen herrschen – das entspricht etwa der Plutobahn.

Wenn die Erde immer wärmer wird, hat das langfristig dramatische Folgen. Die Pflanzen werden verschwinden, die Luftfeuchtigkeit stark ansteigen. Eine intensive Erosion wird die Landschaft einebnen.

Der Blaue Planet indes ist unwiderruflich dem Untergang geweiht. Die Böden – bisher von den Pflanzen gebildet und festgehalten – werden nun vom Wasser ins Meer geschwemmt. Zurück bleibt nackter Fels. Der enorme Schwebstoffeintrag trübt die Ozeane, wodurch sie noch mehr Strahlung absorbieren und sich noch schneller aufheizen als bisher. Dies ist der Todesstoß für fast alle verbliebenen Meereslebewesen.

Eine Sauna von Planetengröße

Wenige tausend Jahre später überschreitet die globale Durchschnittstemperatur sechzig Grad Celsius. Eine starke Verwitterung ebnet die Kontinente ein, sodass sie allmählich ihr Relief verlieren. Die Ozeane verdunsten jetzt massiv, wodurch die Luftfeuchtigkeit drastisch ansteigt. Wasserdampf ist aber ein sehr effektives Treibhausgas – und je mehr davon in der Atmosphäre ist, umso stärker beschleunigt sich die Erwärmung und umso mehr Wasser verdunstet. Dieser Teufelskreis hält an, bis die Ozeane komplett verschwunden sind. Zurück bleiben riesige Salzebenen. Die allerletzten Lebewesen – Bakterien und primitive Einzeller, die an extreme Verhältnisse angepasst waren – sterben aus.

Die Sonnenstrahlung spaltet den Wasserdampf in den oberen Atmosphärenschichten in Wasserstoff und Sauerstoff. Während der leichte Wasserstoff ins All entweicht, oxidiert der Sauerstoff das Eisen im Oberflächengestein, sodass die Erde allmählich eine rote Farbe annimmt.

In den folgenden sechshundert Millionen Jahren bläht sich die Sonne immer weiter auf. Irgendwann verschluckt sie den Merkur und die Venus. Die Erde entgeht diesem Schicksal, weil unser Zentralstern extrem starke Teilchenwinde ausstößt, dadurch viel Masse verliert und weniger Anziehungskraft ausübt. Infolgedessen wandert die Erdbahn nach außen: Ihr Radius wächst auf das 1,7-Fache. Das verhindert freilich nicht, dass sich die Oberfläche unseres einstigen Heimatplaneten in einen über tausend Grad heißen Magma-Ozean verwandelt.

Menschen gibt es zu diesem Zeitpunkt schon lange nicht mehr. Denn die biologische Evolution steht nicht still und macht vor niemandem halt. Es gibt nur noch ihre Nachfahren: eine humanoide, interplanetare Spezies, den ehemaligen Erdbewohnern kaum noch ähnlich. Und manchmal schauen sie in die Tiefe des Alls und sagen ihren Kindern: Sieh dort, der rote Stern – dort lebten einst unsere Urahnen. <<

Frank Schubert *ist ständiger Mitarbeiter von ASTRONOMIE HEUTE.*

Der Autor dankt ***CHRISTINE BOUNAMA*** *und* ***WERNER VON BLOH*** *vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung sowie* ***ACHIM GANDORFER*** *vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung für die fachliche Unterstützung.*

WISSEN
WAS HEUTE WICHTIG IST

Die Redaktion von spektrumdirekt informiert Sie schnell, fundiert und verständlich über den Stand der Forschung.

www.spektrumdirekt.de/heute

spektrumdirekt
Die Wissenschaftszeitung im Internet

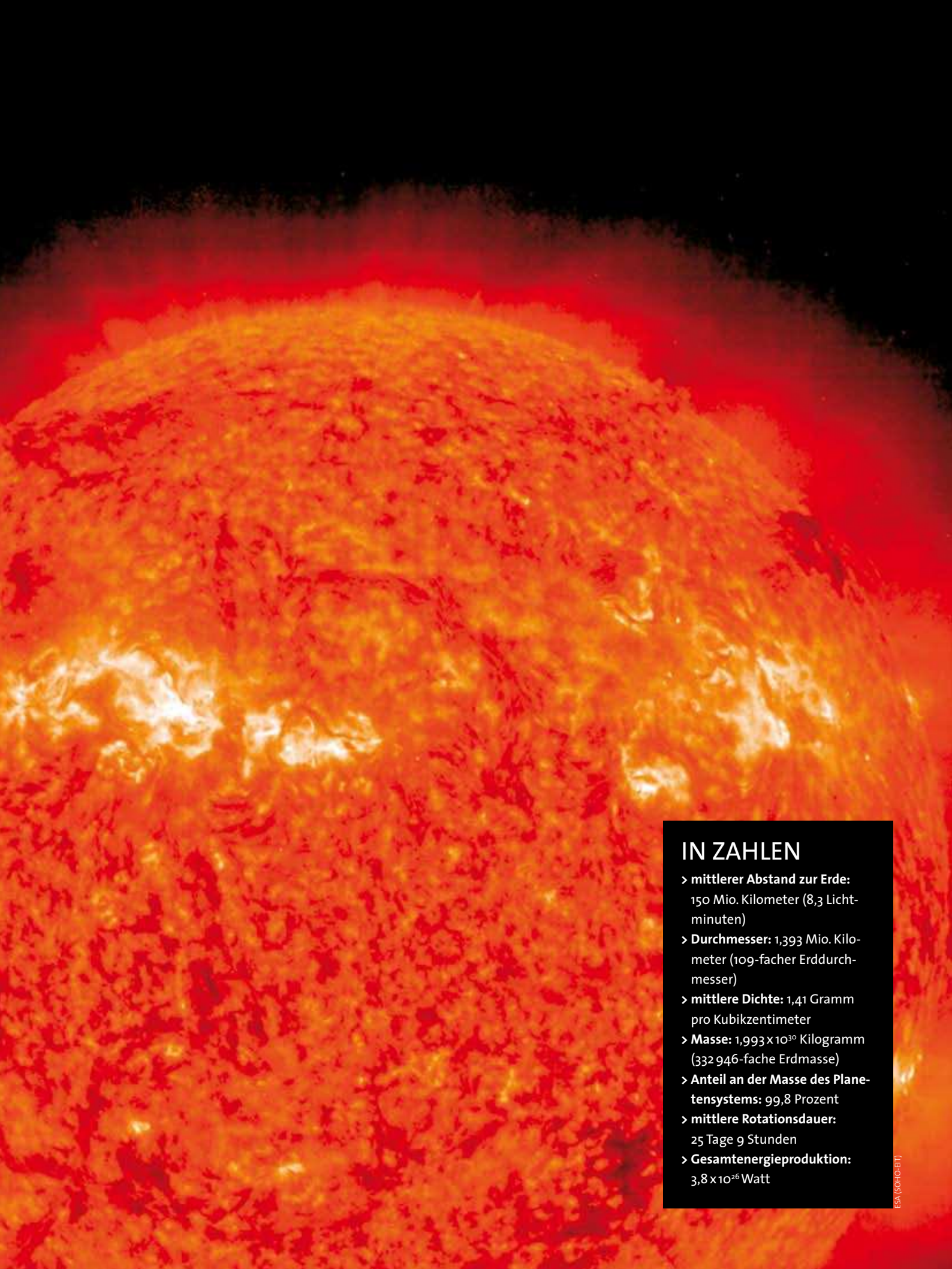
DER STERN, ohne den nichts läuft

Ohne Licht kein Leben. Die Sonne legt mit ihrer Strahlung und Wärme die Grundlagen für unsere Existenz. Aber vor allem ist sie ein Stern mit noch vielen Geheimnissen.

VON DIRK SOLTAU UND STEPHAN FICHTNER

Vor 2500 Jahren warfen die Bürger von Athen einen Ketzer aus ihrer Stadt. Der Gelehrte Anaxagoras hatte in ihren Augen die Götter beleidigt. Die Sonne, so hatte er behauptet, sei nicht der Gott Helios in seinem Feuerwagen, sondern nur eine glühend heiße Eisenscheibe mit etwa fünfzig Kilometer Durchmesser – eine Art große himmlische Herdplatte also. Den Anstoß zum Nachdenken über die Natur der Sonne erhielt Anaxagoras durch einen Meteoriten, der bei Ägospotami zur Erde fiel. Als dieser kurz nach seinem Einschlag gefunden wurde, war er noch heiß, weshalb der Philosoph schloss, er müsse von der Sonne stammen. Als man dann in diesem Meteoriten Eisen in großen Mengen fand, war der Grundstein für Anaxagoras' These gelegt.

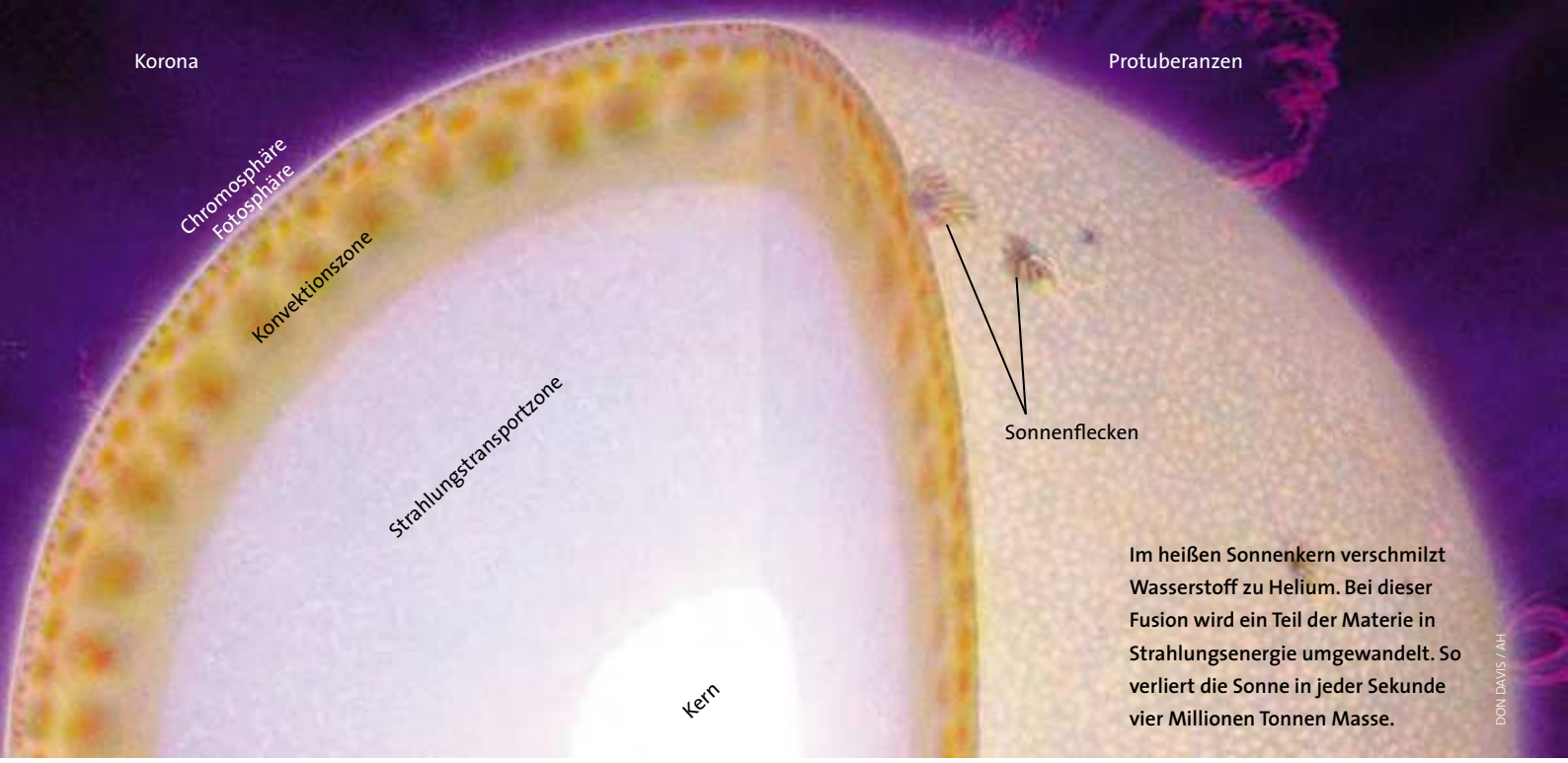
Seit diesem ersten halbwegs wissenschaftlichen Versuch, das Geheimnis der ewigen Sonnenglut zu lüften, lagen die Forscher immer wieder daneben, wenn sie versuchten, der Natur der Energieerzeugung im Innern unseres Sterns auf die Schliche zu kommen. Zu Beginn des letzten Jahrhunderts glaubten sie noch, im Sonnenkörper werde Kohle verfeuert. Berechnungen zeigten jedoch sehr schnell,



IN ZAHLEN

- **mittlerer Abstand zur Erde:** 150 Mio. Kilometer (8,3 Lichtminuten)
- **Durchmesser:** 1,393 Mio. Kilometer (109-facher Erddurchmesser)
- **mittlere Dichte:** 1,41 Gramm pro Kubikzentimeter
- **Masse:** $1{,}993 \times 10^{30}$ Kilogramm (332 946-fache Erdmasse)
- **Anteil an der Masse des Planetensystems:** 99,8 Prozent
- **mittlere Rotationsdauer:** 25 Tage 9 Stunden
- **Gesamtenergieproduktion:** $3{,}8 \times 10^{26}$ Watt

ESA (SOHO-EIT)



Im heißen Sonnenkern verschmilzt Wasserstoff zu Helium. Bei dieser Fusion wird ein Teil der Materie in Strahlungsenergie umgewandelt. So verliert die Sonne in jeder Sekunde vier Millionen Tonnen Masse.

DON DAVIS / AH

STEPHAN FICHTNER

SONNENKULT

Der Sonnenwagen von Trundholm (gefunden 1902) stammt aus der Bronzezeit zwischen 1500 und 800 v. Chr. Pferd und Sonnenscheibe verbildlichen die Vorstellung, dass die Sonne täglich über das Firmament gezogen wird.

dass ein solcher Hochofen im All schon längst erloschen wäre.

Erst vor knapp siebzig Jahren enttarnten die Physiker die Sonne schließlich als einen riesigen Gasball, in dem durch die Verschmelzung von Wasserstoff zu Helium ungeheure Energiemengen über einen langen Zeitraum freigesetzt werden.

Exotische Sonne?

Unser moderner Blick auf die Sonne ist sehr genau. Denn sie ist uns als einziger Stern so nah, dass wir auf ihr eine Fülle von Vorgängen direkt beobachten können. Aus der Sicht eines Erdbewohners sind viele davon sehr exotisch und finden unter extremen Bedingungen statt. Im kosmischen Maßstab sind es aber wohl eher die Bedingungen auf der Erde, die extrem sind: Temperaturen von nur wenigen hundert Kelvin, feste und sogar flüssige Materie. Normal ist das im Universum nicht.

Die Sonne ist ein riesiger Gasball von knapp 1,4 Millionen Kilometer Durchmesser. Doch dieses Gas besitzt Eigenschaften, wie wir sie auf der Erde gar nicht oder nur unter sehr speziellen Laborbedingungen herstellen und untersuchen können. Tief im Innern unseres Zentralgestirns, wo Energie und Strahlung durch Fusion entstehen, ist es eng, heiß und dunkel.

Eng heißt: Die Dichte des Gases ist dort zwölfmal höher als die von Blei! Die dort entstehende Strahlung hat daher einen schwierigen Weg vor sich. Auf Grund der hohen Dichte im Kern wird sie sofort wieder absorbiert. Erst nach Millionen von Jahren hat sie sich durch die so genannte Strahlungstransportzone nach außen gekämpft. Hier – in der Fotosphäre – ist das Gas dann 5000 bis 10 000-mal dünner als Luft, sodass die Lichtteilchen die Sonne problemlos verlassen können. Nur gut acht Minuten später erreichen sie die Erde.

Die Strahlung, die wir heute von der Sonne empfangen, entstand bereits vor Millionen von Jahren in deren Zentrum. Würden die Fusionsprozesse in ihrem Kernbereich heute ausfallen – womit in den nächsten Jahren nicht zu rechnen ist –, würde die Sonne noch einige Millionen Jahre weiter scheinen.

Heiß bedeutet: Die Temperaturen im Kern der Sonne übertreffen 15 Millionen

3200 v. Chr.

Ältestes Zeugnis der Sonnenbeobachtung: Ein Lichtschacht über dem Eingang des irischen Megalithgrabs Newgrange ist genau auf den Sonnenaufgang bei Wintersonnenwende ausgerichtet.

270 v. Chr.

Aristarch von Samos vermutet, die Sonne sei eine feurige Kugel, siebenmal größer als die Erde. Er versucht erstmals, die Entfernung der Sonne zu berechnen. Sein Ergebnis: 19-facher Mondabstand.

MILOSLAV DRUCKMULLER UND PETER ANIOL

Die äußerste Sonnenhülle – die Korona – bei der totalen Sonnenfinsternis am 29. März 2006. Während des Sonnenfleckenminimums konzentrieren sich die hellen Ausbrüche in der Nähe des Sonnenäquators und erinnern an die Flügel eines Schmetterlings.

Grad! Bei dieser Höllenglut existieren weder Festkörper noch Flüssigkeiten oder Gase wie die unserer Erdatmosphäre.

Die kühlsten Schichten der Sonnenatmosphäre haben immerhin noch eine Temperatur von 4500 Grad. Viele Atome verlieren bei diesen Bedingungen einen Teil ihrer negativ geladenen Elektronen. Doch weit kommen diese nicht, da auch sie immer wieder mit Partikeln zusammenstoßen. Materie bildet unter solch exotischen Bedingungen eine ganz neue Form: ein Plasma!

Dunkles Sonnenzentrum

Das Plasma hat eine Eigenschaft, die ein normales Gas nicht hat: Es ist ein guter elektrischer Leiter und nimmt ein Magnetfeld, das sich in ihm gefangen hat, mit.

Dunkel ist es im Sonneninnern, weil, obwohl dieser Bereich eine regelrechte Fabrik für Lichtteilchen (Photonen) ist, diese von den anderen dort umherschwirrenden Partikeln – beispielsweise von den Elektronen – gleich wieder geschluckt werden. Doch ein Elektron ist kein Nimmersatt, es lebt gewissermaßen von der Hand in den Mund. Gleich nachdem es ein Photon geschluckt hat, spuckt es ein anderes wieder aus, und weiter geht der Staffellauf zur Sonnenoberfläche.

Je mehr wir über unseren Stern erfahren, umso dynamischer und interessanter erscheint er uns. Gleich am Beginn der wissenschaftlichen Erforschung der Sonne steht die Entdeckung der Sonnenflecken im Frühjahr des Jahres 1611 durch Johannes Fabricius, Christoph Scheiner, Thomas Harriot und Galileo Galilei. Erst mehr als zweihundert Jahren danach erkannte der deutsche Apotheker und Amateurastronom Heinrich Schwabe, dass die Sonnenfleckenhäufigkeit einem elfjährigen Zyklus folgt. Dreihundert Jahre nach ihrem Fund stellte sich schließlich heraus, dass in den Sonnenflecken starke Magnetfelder herrschen. Und erst heute – fast vierhundert Jahre später – fangen wir langsam an, die Vorgänge im Innern der Sonnenflecken zu verstehen.

Diese Flecken sind das auffälligste Merkmal der Sonnenaktivität. Der deutsch-britische Astronom Friedrich Wilhelm Herschel hielt die dunklen Bereiche auf der sonst so makellos hellen Sonnenober-

Unser Stern gibt **seine Geheimnisse** nur langsam preis. Wer die Sonne erforscht, betritt ein Reich voller Überraschungen

28 v. Chr.

Chinesische Beobachter interpretieren Sonnenflecken als vorbeifliegende Vögel oder Vorübergänge der Planeten Merkur und Venus.

1611

Johannes Fabricius, Christoph Scheiner, Galileo Galilei und Thomas Harriot beobachten die Sonne erstmals durch ein Teleskop. Sie entdeckten die Sonnenflecken sowie der 27-tägigen Rotationsperiode.

Das neue Astronomie Heute im vorteilhaften Abonnement

Eine Investition, die sich lohnt:

- >>> Sie erhalten regelmäßig Einblick in aktuelle Forschungsprojekte und Zukunftsvisionen der internationalen Raumfahrt
- >>> Sie verpassen keine Ausgabe und bekommen das Magazin bequem nach Hause geliefert
- >>> Sie zahlen nur € 56,– für das Jahresabonnement (10 Ausgaben). Als Schüler, Azubi, Student, Wehr- oder Zivildienstleistender zahlen Sie auf Nachweis sogar nur € 50,– (Inlandspreise inkl. MwSt.)
- >>> Unter www.astronomie-heute.de/archiv erhalten Sie kostenlosen Zugang auf das Archiv von **astronomie heute**. Hier stehen Ihnen alle Artikel seit der Erstausgabe als PDF-Datei zur Verfügung
- >>> Für Ihre Bestellung bedanken wir uns mit einem Präsent Ihrer Wahl

Bestellen Sie noch heute Ihr Abonnement!

Unser Dank für Ihre Bestellung

Gratis zur Wahl!

Das Motiv der Uhr zeigt den berühmten »Gruß von der Erde«, den die Raumsonden Pioneer 10 und 11 in Form einer vergoldeten Plakette für intelligente Wesen im All bereithielten. Zu sehen sind unter anderem ein Diagramm des Sonnensystems, ein Hyperfeinstruktur-Übergang des Wasserstoffatoms sowie die Position der Sonne relativ zu 14 Pulsaren und dem Zentrum der Milchstraße.

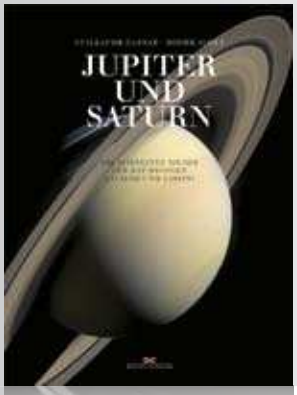
Unterhaltsames und Erstaunliches aus der Welt der Sterne. Hier erklärt der Autor in humorvoller und informativer Art und Weise spannende und kuriose Gegebenheiten aus der Astronomie.

EIGEN-/GESCHENKABONNEMENT

Sie haben für sich selbst oder mit einem Geschenkabonnement von **astronomie heute** einem guten Freund ein ganzes Jahr Einblicke in die spannende Welt von Astronomie, Raumfahrt und Sciencefiction gesichert? Dann dürfen Sie sich ein Geschenk nach Ihrem Geschmack aussuchen!
Bei einem Geschenkabonnement verschicken wir das erste Heft mit einer ansprechenden Grußkarte in Ihrem Namen.

Weitere Prämien finden Sie im Internet

Das Buch »Jupiter und Saturn« mit faszinierenden Aufnahmen und verständlichen Erläuterungen. Besonderes Extra: Ein vierseitiges Ausklappbild mit eindrucksvollem Panorama der Saturnringe



Keine Batterien. Niemals defekte Glühbirnen. Die Taschenlampe »LED-Radio« funktioniert immer. Sie lädt sogar Ihr Handy auf und hat auch noch ein Scan-Radio eingebaut.

PRÄMIENABONNEMENT

Sie haben uns einen neuen **astronomie heute**-Heftabonnenten für mindestens ein Jahr vermittelt?
Dann haben Sie sich eine Dankesprämie verdient und können zwischen folgenden Geschenken wählen:

Gratis zur Wahl!

Der Gutschein BestChoice im Wert von € 30,– kann bei bis zu 100 Anbietern eingelöst werden (kein Umtausch in Bargeld möglich).

Sichtbarer Sonnenmagnetismus: Praktisch alle Strukturen auf der Sonne – von den Flecken bis zu den riesigen Feuerbögen (rechts) – lassen sich durch Magnetfelder erklären. Wenn die Felder stark genug sind, um die Oberfläche der Sonne im Bogen zu durchstoßen, folgt ihnen das elektrisch leitfähige Plasma.

NASA, GSFC (TRACE)

fläche für Löcher in den heißen Leuchtwolken unseres Gestirns, durch die man auf die viel kühlere Oberfläche des Gestirns blicken könne.

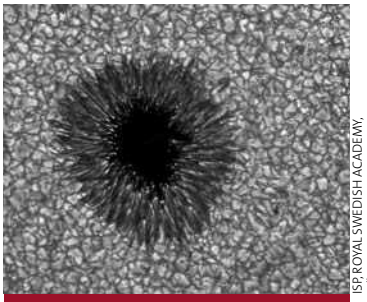
Die Temperaturen in den zum Teil mehrere Erddurchmesser großen Flecken sind mit 3000 bis 4000 Grad tatsächlich niedriger als die der Umgebung. Die dort vorhandenen lokalen Störungen im Magnetfeld der Sonne wirken wie der Deckel auf einem Kochtopf und hindern den Plasmastrom daran, ungestört nach außen abzufließen. Umso heftiger bricht er dann an anderen Stellen aus. Diese Strahlungsausbrüche werden durch die Energie des Magnetfelds angetrieben und können von wenigen Minuten bis zu mehreren Stunden dauern. Die so genannten Flares entstehen oft in der Nähe von Sonnenflecken und setzen beim Ausbruch ein breites Spektrum von Strahlung frei – von Radiowellen bis hin zu harter Röntgenstrahlung. Außerdem werden auch Elektronen, Protonen, Neutronen und schwere Atomkerne bei diesen Ausbrüchen mit bis zu mehr als 2000 Kilometer pro Sekunde ins All geschleudert.

Auf der Erde sind solche Ereignisse als Störquellen für Schifffahrt, Flug- und Funkverkehr sowie für die Stromversorgung gefürchtet (siehe »Stürmische Sonne«, S. 38), rufen aber auch die eindrucksvollen Polarlichter hervor.

Sehr imposant sind solche Erscheinungen, wenn sie am Sonnenrand ablaufen. Protuberanzen sind leuchtende Materiebögen aus Wasserstoff, die von Magnetfeldern in die Sonnenatmosphäre gehoben werden und dort quasi über dem Rand schweben (siehe Bild oben). Bei Sonnenfinsternissen sind sie sogar mit bloßem Auge sichtbar.

Angst davor, die Sonne zu verlieren

Es ist eigentlich nur eine Laune der Natur. In Deutschland passierte es das letzte Mal am 11. August 1999: Der Mond stand damals genau zwischen Erde und Sonne, sodass ein winzig kleiner Teil der Erde für wenige Minuten im Mondschatten von der direkten Sonneneinstrahlung abgeschnitten wurde. Ein banales Ereignis von absolu-



ISP, ROYAL SWEDISH ACADEMY, GÖRAN SCHARMER UND KAI LANGHANS

FLECKEN

Sonnenflecken sind Gebiete starker magnetischer Aktivität. Sie wirken wie ein Deckel und sind kühler als der Rest der Oberfläche. Forscher unterscheiden zwischen der Umbra (zentraler, schwarzer Teil) und der Penumbra (dunkelgraue Umrandung) eines Sonnenflecks. Das körnige Muster um den Fleck herum zeigt brodelnde Blasen aus Sonnenplasma (Granulation).

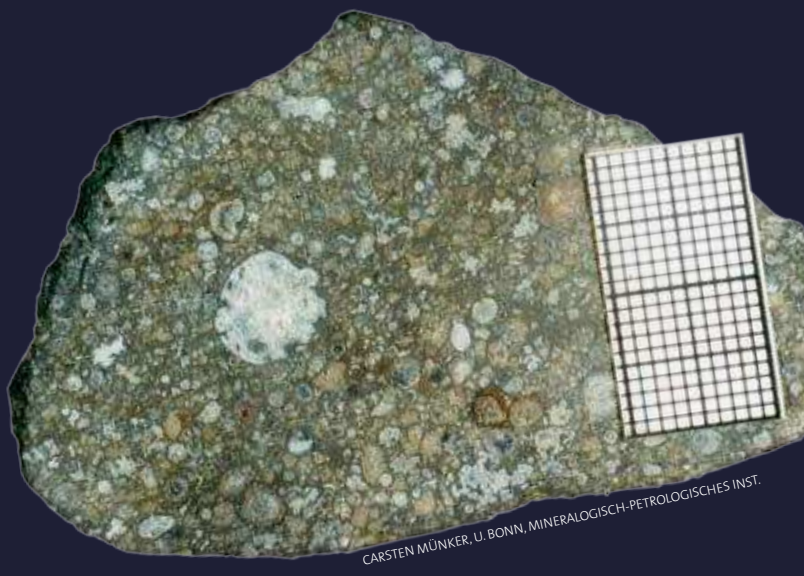
1794

Wilhelm Herschel glaubt, dass die Sonne ein fester, kalter Körper ist und ihre Strahlung aus einer heißen, dünnen Wolkenschicht stammt. Sonnenflecken deutet er als Löcher in der Sonnenoberfläche.

1843

Heinrich Schwabe schließt nach 17-jährigen Beobachtungen auf eine zehnjährige Periodizität der Sonnenfleckenzahl. Rudolf Wolf berichtigt später auf elf Jahre.

Wie die Sonne entstand


CARSTEN MÜNKER, U. BONN, MINERALOGISCH-PETROLOGISCHES INST.

Am 8. Februar 1969 meldete sich auf der Erde ein »Augenzeuge« der Geburt der Sonne. Über dem kleinen mexikanischen Ort Pueblito de Allende gingen an diesem Tag die Bruchstücke eines Meteoriten nieder. Untersuchungen der Gesteinsbrocken führten zu einem sensationellen Ergebnis: Die vom Himmel gefallenen Steine waren älter als die Erde selbst. Sie zeigten winzige Kristalle, deren Zusammensetzung man am besten damit erklären konnte, dass in der Nähe des Meteoriten vor zirka 4,6 Milliarden Jahren eine Supernovaexplosion stattgefunden hat. Und genau so stellt man sich die Entstehung der Sonne und der Planeten auch vor: Ein explodierender Stern in der Nähe einer Gas- und Staubwolke regt diese dazu an, in Klumpen zu zerfallen, aus denen sich innerhalb von nur wenigen Millionen Jahren Sterne und Planeten bilden.

Die Untersuchung des Allende-Meteoriten unterstützte die These und gestattete den Forschern, das Alter der Sonne mit bisher unerreichter Präzision zu bestimmen: Danach entstand die Sonne vor 4566 plus/minus zwei Millionen Jahren. Verglichen mit einem Menschenleben kennen wir das Geburtsdatum der Sonne also auf einen Monat genau!

Etwa fünfzig Millionen Jahre nach der Sonne formte sich die Erde, wiederum eine Milliarde Jahre später die ersten Einzeller im Meer. Ein Stern mit anderen Eigenschaften hätte Leben nicht ermöglicht.

ter Harmlosigkeit. Und doch ist eine totale Sonnenfinsternis ein – selbst für Astronomen – tief bewegendes Erlebnis.

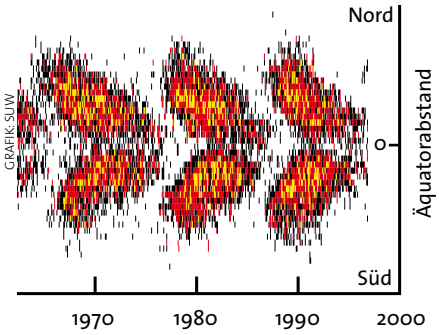
In einem solchen Moment fällt es leicht sich vorzustellen, dass dieses Phänomen in früheren Zeiten den Menschen große Angst davor eingejagt hat, dass die Sonne verloren ginge. Und auch dem modernen Menschen wird die völlige Abhängigkeit des Lebens von der Sonne schlagartig klar: Nur wenige Sekunden ohne Sonneneinstrahlung reichen, um die Temperatur spürbar um einige Grad sinken zu lassen. Ohne Sonnenstrahlung gäbe es auf dem Gesteinsklumpen Erde kein Leben. Sie ist der Motor, der das Klima auf unserem Planeten bestimmt: Sonnenwärme treibt Winde und lenkt Meeresströmungen, sie wärmt den Boden und sorgt für die Verdunstung von Meerwasser, das über den Kontinenten wieder abregnet. Von der Sonne hängt es ab, ob die Ernten gut oder mager ausfallen und ob gar eine neue Eiszeit ausbricht, auch wenn der Mensch neuerdings durch den Ausstoß von Klimagasen die globalen Temperaturen nach oben treibt.

Wie abhängig er von der gleißenden Kugel am Firmament ist, hat der Mensch instinktiv schon sehr früh erkannt. Jahrtausende wurde die Sonne als Gottheit verehrt. Bisher ist die Sonne ein zuverlässiger Begleiter, der auf der Erde stabile Bedingungen erzeugt.

Auch unsere moderne Technik ist darauf angewiesen: Lebenswichtige Systeme wie Navigations- und Kommunikationssatelliten sind außerhalb der Atmosphäre dem Einfluss der Sonnenaktivität schutzlos ausgeliefert. Inzwischen reichen Schwankungen von 0,1 Prozent der Sonnenstrahlung aus, um Veränderungen auszulösen, die messbare Einflüsse auf unser Leben haben.

Die Sonne ist für den modernen Menschen wichtiger als je zuvor. Es liegt in unserem ureigensten Interesse, möglichst viel über den Stern zu wissen, ohne den gar nichts läuft. <<

DIRK SOLTAU *arbeitet als Astrophysiker am Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik in Freiburg.* ***STEPHAN FICHTNER*** *ist Redakteur bei* ***astronomie heute****.*



Im so genannten Schmetterlingsdiagramm der Sonnenfleckenverteilung wird sichtbar, dass die Flecken sich im Lauf eines elfjährigen Zyklus immer mehr zum Sonnenäquator hin verlagern.

1939

Hans Bethe und Carl Friedrich von Weizsäcker erkennen unabhängig voneinander, dass die Sonne ihre Energie aus der Verschmelzung von Atomen gewinnt.

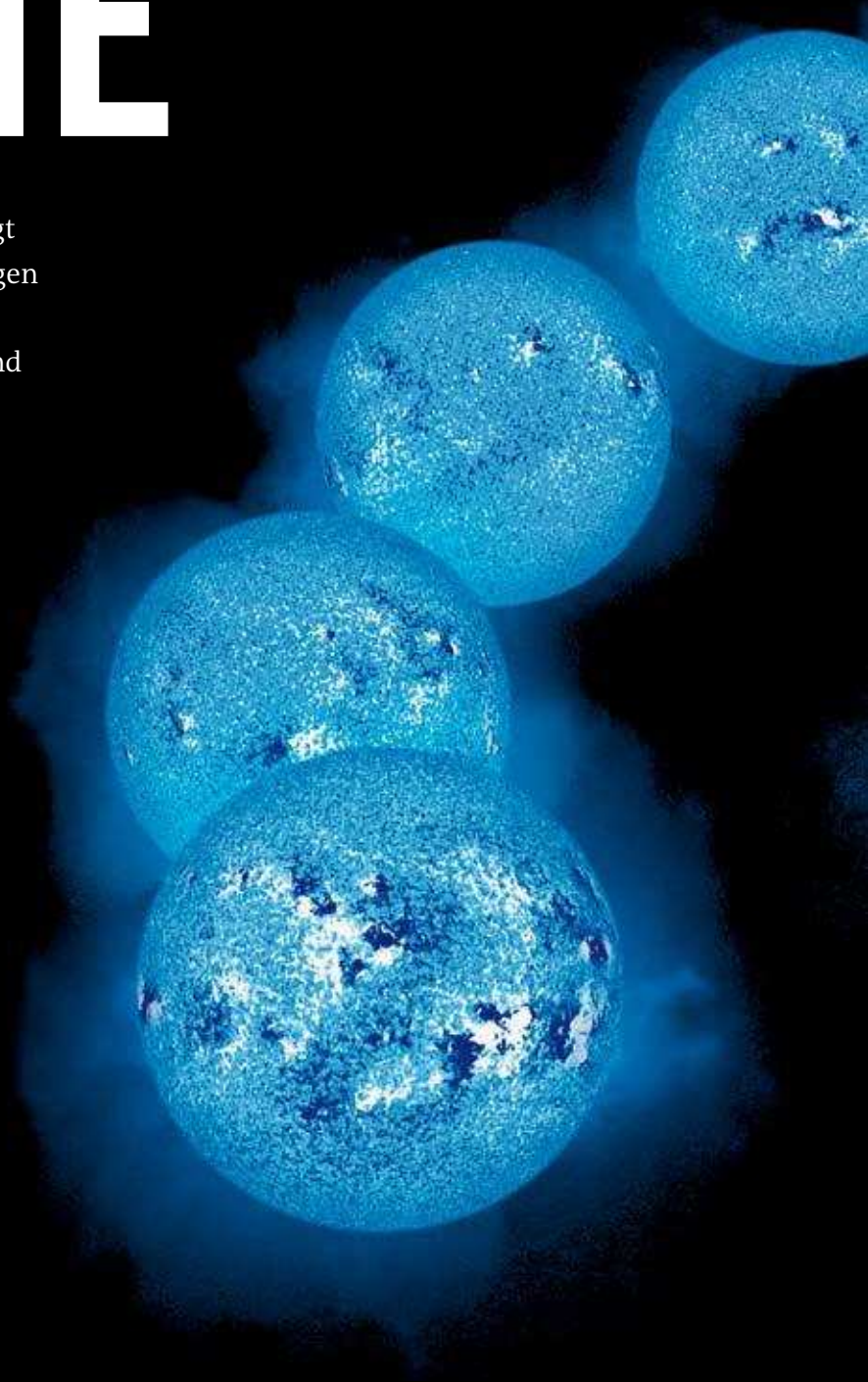
1951

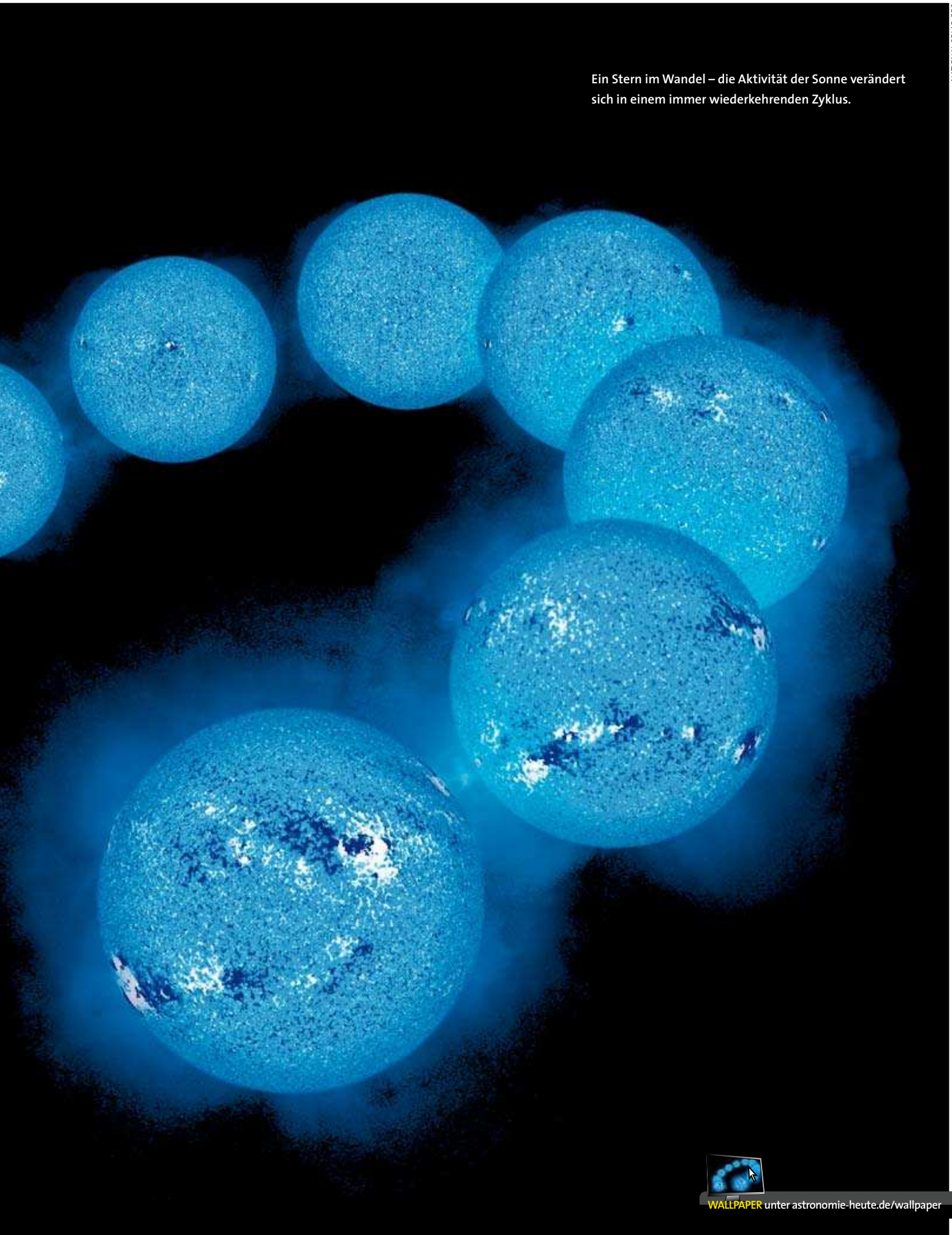
Ludwig Biermann schließt aus der Ablenkung von Kometenschweifen auf die Existenz eines kontinuierlichen Teilchenstroms von der Sonne – des Sonnenwinds.

STÜRMISCHE SONNE

Die Aktivität des erdnächsten Fixsterns folgt einem Elf-Jahres-Zyklus. Doch auch in ruhigen Zeiten sind die Erde und ihre Raumfahrer nicht vor seinen launischen Ausbrüchen und deren Folgen gefeit.

VON OLIVER DREISSIGACKER

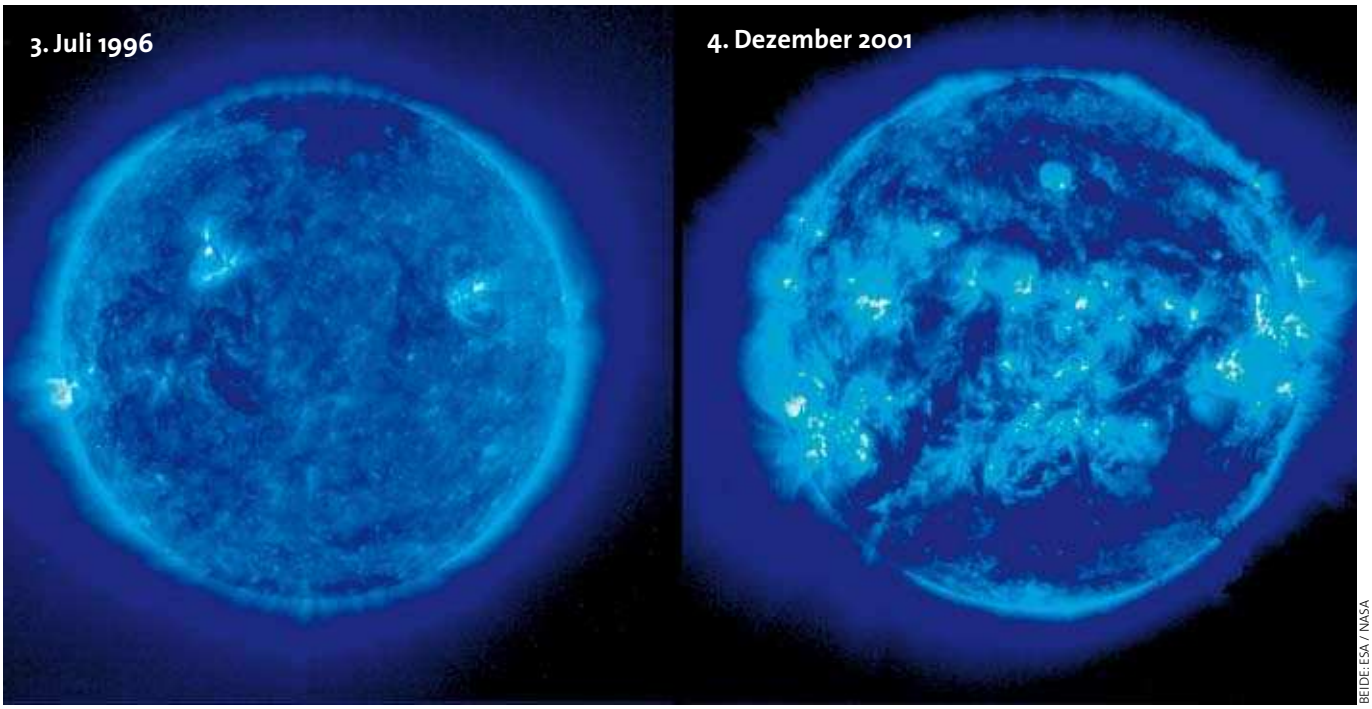




Ein Stern im Wandel – die Aktivität der Sonne verändert sich in einem immer wiederkehrenden Zyklus.

NATIONAL SOLAR OBS.

WALLPAPER unter astronomie-heute.de/wallpaper



BEIDE: ESA / NASA

Im ultravioletten Licht wird die Aktivität der Sonne besonders deutlich: Wie Tag und Nacht unterscheiden sich diese Aufnahmen vom Minimum 1996 (links) und dem jüngsten Maximum im Jahr 2001.

Aus der Distanz betrachtet erscheint die helle, weiße Scheibe am Himmel vollkommen rund und tadellos. Doch der Schein trügt. Bereits vor über zweitausend Jahren entdeckten Menschen im alten China dunkle Flecken auf der Sonnenoberfläche. In der westlichen Welt war es Galileo Galilei, der die Sonne mit dem gerade erst erfundenen Teleskop inspizierte und ebenfalls auf ihre Unvollkommenheit stieß. Mit einem Schlag wurde unser Tagstern ein Objekt wissenschaftlicher Forschung.

Auch heute, gut vierhundert Jahre nach Galilei, hat die Sonne noch längst nicht alle ihre Geheimnisse preisgegeben, und so steht sie weiterhin im Fokus vieler Teleskope – auf der Erde und im Weltall. Erdgebundene Observatorien müssen trotz der enormen Energie der Sonnenstrahlen möglichst groß sein, um die solare Oberfläche hoch auflösen zu können.

Die bekanntesten Vertreter Europas stehen auf den Kanarischen Inseln: das Swedish Solar Telescope (SST, 1 Meter) auf La Palma und das Vakuum-Turm-Teleskop (VTT, 70 Zentimeter). Unmittelbar daneben wird von einem deutschen Konsortium derzeit Gregor aufgebaut – ein Teleskop mit einem 1,5-Meter-Spiegel. Mit ihm können die Astronomen sogar noch siebzig Kilometer große Strukturen auf der Sonnenoberfläche beobachten. Instrumente ähnlichen Kalibers sind das McMath-Pierce Solar Telscope auf dem Kitt Peak im US-Bundesstaat Arizona (siehe AH Juli / August 2007, S. 62) und das im Bau befindliche Gerät am Big Bear Solar Observatory in Kalifornien.

Milliarden Tonnen

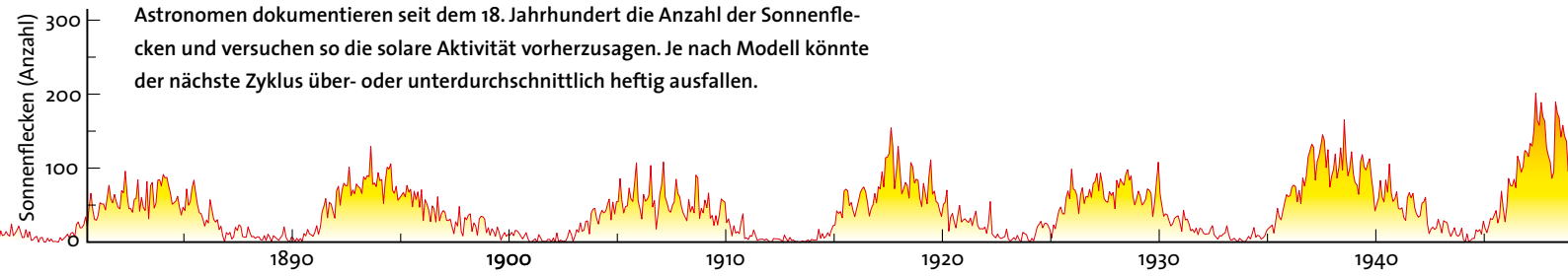
Sie alle beobachten die Sonne im optischen Spektralbereich – also im sichtbaren Licht. Leider bleibt so vieles im Verborgenen: zum Beispiel Stellen auf der Sonnenoberfläche, die Röntgenstrahlung aussenden oder im Ultravioletten hell leuchten. Um auch diese für uns nicht sichtbare Seite unseres Fix-

NOAO, MARK HANNA

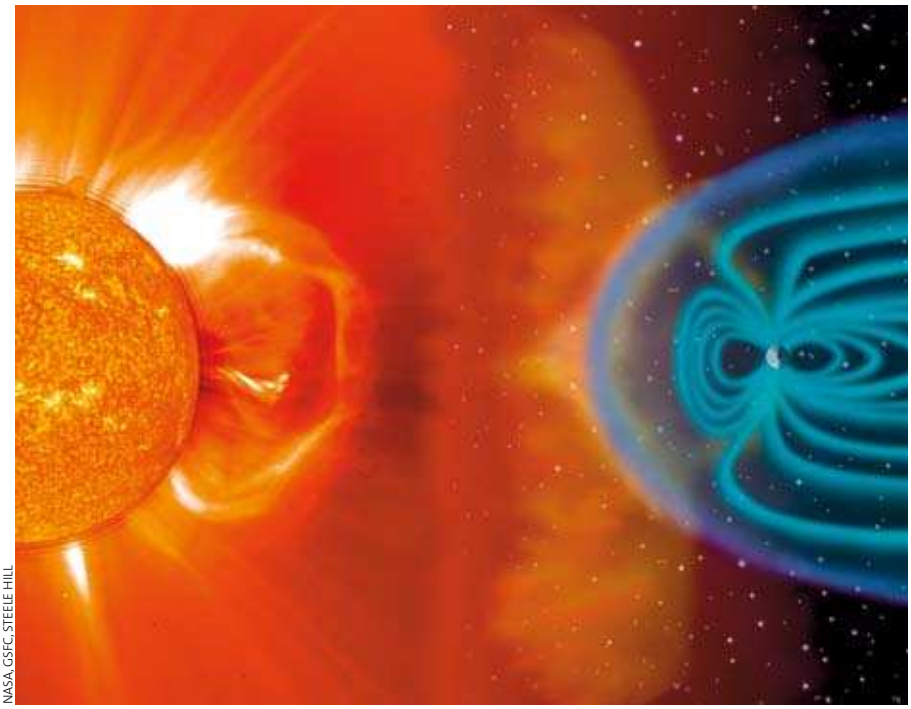
EIN GIGANT

Das McMath-Pierce Solar Telescope ist mit einem Spiegeldurchmesser von 1,6 Metern das größte Sonnenteleskop der Welt. Astronomen untersuchen mit ihm die Struktur der Sonnenflecken sowie die von ihnen ausgehende Strahlung.

Astronomen dokumentieren seit dem 18. Jahrhundert die Anzahl der Sonnenflecken und versuchen so die solare Aktivität vorherzusagen. Je nach Modell könnte der nächste Zyklus über- oder unterdurchschnittlich heftig ausfallen.



S&T / AH, NACH: DAVID HATHAWAY, NASA



NASA, GSFC, STEELE HILL

Die energiereichen Partikel aus koronalen Massenauswürfen können tief in das Magnetfeld der Erde (blaue Linien) eindringen.

sterns zu erforschen, schicken Wissenschaftler seit Beginn des Raumfahrtzeitalters Teleskope ins All, die auch für andere Spektralbereiche empfindlich sind.

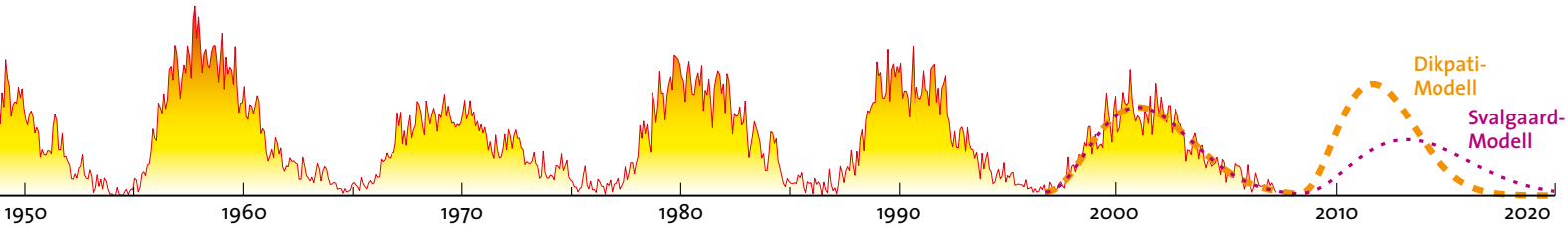
In den 1970er Jahren entdeckten Forscher mit Hilfe der Raumsonden und Koronografen – Instrumenten, die die helle Sternscheibe ausblenden – die wohl spektakulärsten Sonnenausbrüche: koronale Massenauswürfe (Coronal Mass Ejections, CMEs). Dabei entlädt sich die im solaren Magnetfeld aufgestaute Energie und schleudert viele Milliarden Tonnen elektrisch geladener Teilchen in den Raum hinaus. Die Geschwindigkeit dieses Plasmas ist beträchtlich – es erreicht etliche Millionen Kilometer pro Stunde.

Trifft der Partikelstrom auf die Erde, prallt er auf ihr Magnetfeld, quasi den äußeren Schutzschild unseres Planeten, und verändert seine Form für kurze Zeit so sehr, dass Kompassnadeln schnell hin- und herschwanken. Aber damit nicht genug: Auf ihrer Bahn zu uns überholen die CMEs den Sonnenwind – jenen Teilchenstrom, der kontinuierlich von unserem Tagstern abgegeben wird. Rund eine Milliarde Tonne an Protonen, Elektronen und Heliumkernen (Alphateilchen) treten mit Geschwindigkeiten von etwa einer Million Kilometer pro Stunde die Reise in alle Winkel des Planetensystems an.

Gefahr im All

Schleudert unser Zentralgestirn nun einen solchen koronalen Massenauswurf ins All, trifft er unweigerlich auf den langsameren, viel diffuser verteilten Sonnenwind. Durch den Aufprall entsteht eine Stoßwelle mit mehreren Millionen Kilometern Durchmesser. Ähnlich einem treibenden Surfer, den eine Welle in Richtung Strand katapultiert, werden die elektrisch geladenen Partikel darin auf noch höhere Geschwindigkeiten beschleunigt.

Auf diese Weise überfluten CMEs das Sonnensystem mit energiereicher Teilchenstrahlung, Magnetfeldern und un-

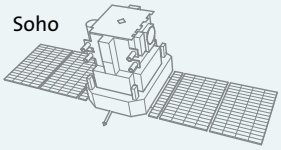


JAHR DER SONNENHÜLLE

Ein halbes Jahrhundert nach dem Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957/58 wurde das Jahr 2007 zum Internationalen Heliophysikalischen Jahr erklärt. In den UN-Mitgliedsstaaten werden weltweit koordinierte Untersuchungen durchgeführt, die auf ein besseres Verständnis der Sonne, der Heliosphäre, also der vom Sonnenwind erfüllten Raumregion, und deren Wechselwirkungen mit der Erde abzielen. Weiterführende Links unter astronomie-heute.de/ihy2007

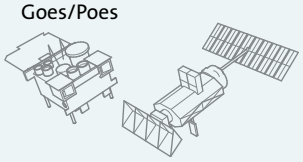
Das solare Überwachungsteam

Soho



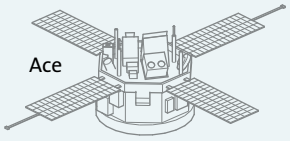
Solar and Heliospheric Observatory Der Satellit erforscht die Sonne im optischen, UV- und Röntgenbereich.

Goes/Poes



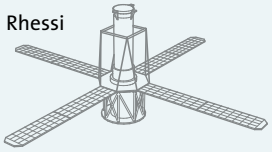
Geostationary / Polar Operational Environmental Satellites Die beiden Sonden überwachen das Erd- und Weltraumwetter.

Ace



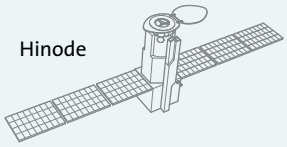
Advanced Composition Explorer Etwa eine Stunde vor einem Sonnensturm warnt diese Sonde vor der Gefahr.

Rhessi



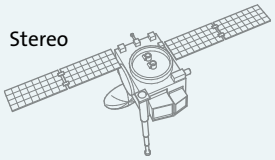
Reuven-Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager Das Teleskop beobachtet die Sonne im Röntgen- und Gammabereich.

Hinode



»Sonnenaufgang« Der japanische Satellit beobachtet die Wechselwirkungen zwischen Magnetfeld und Korona der Sonne.

Stereo

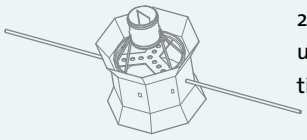


Solar-Terrestrial Relations Observatory Die Zwillingssonden erlauben erstmals einen 3-D-Blick auf die Sonnenoberfläche.

SDO

Solar Dynamics Observatory Dieser geostationäre Satellit soll ab 2008 die Aufheizung der Sonnenkorona entschlüsseln.

Solar Sentinel



Vier Nasa-Raumsonden sollen ab 2015 koronale Massenasuswürfe und Flares von verschiedenen Positionen aus verfolgen.

S&T, GREGG DINDERMAN

SOHO

Die europäisch-amerikanische Raumsonde Soho – das Solar Heliospheric Observatory – ist seit fast zwölf Jahren im Weltall. Von ihrem Beobachtungsstandort – eineinhalb Millionen Kilometer von der Erde entfernt in Richtung Sonne – untersucht sie unser Zentralgestirn und dessen Auswirkungen auf das Planetensystem bis hinaus zum Saturn.

sichtbarer Strahlung vom Radio- bis in den Röntgenbereich. Und das hat Folgen: Der Funkverkehr kann gestört, Kommunikationssatelliten und Hochspannungsleitungen können beschädigt werden. Gefährlich ist dieser enorme Strahlungssturm aber besonders für die Gesundheit von Raumfahrern, selbst wenn sie sich – wie im Fall der Internationalen Raumstation – noch innerhalb des magnetischen Schutzschilds der Erde befinden.

Glück gehabt

Menschen, die sich zukünftig auf dem Mond oder dem Mars aufhalten, wären nur unter der Oberfläche des Himmelskörpers in Sicherheit. Während des Flugs steht ihnen diese Option natürlich nicht offen, und so müssten sie in dem bestgeschützten Teil ihrer Raumfähre Zuflucht suchen. Für interplanetare Flüge wird daher schon über magnetische Schilde nachgedacht, die dieselbe Funktion erfüllen sollen wie das Magnetfeld der Erde (siehe AH April 2005, S. 24)

Bis jetzt hatten die Astronauten allerdings Glück, denn zum einen dauerten frühere Aufenthalte auf dem Mond nur kurz und zum anderen fand während der Missionen kein Sonnenausbruch statt. Im August 1972 war es allerdings sehr knapp: Der Ausbruch ereignete sich zwischen den beiden bemannten Mondflügen im April und Dezember (Apollo 16 und 17).

In der relativ ungeschützten Raumfähre wäre er für die Apolloastronauten vermutlich tödlich ausgegangen. Physiker bemühen sich deshalb, die komplexen Vorgänge auf der Sonne zu entschlüsseln und die gefährlichen Stürme besser vorherzusagen. Ein Team amerikanischer und französischer Forscher stellte nun kürzlich eine geeignete Methode vor: Sie kombinierten Beobachtungen von der Raumsonde Soho (siehe Kasten links) mit denen von »Wind« – einem 1994 gestarteten Satelliten, der Radiowellen nachweisen kann.

Mit seiner Hilfe konnten die Forscher zeigen, dass die 472 CMEs, die zwischen 1996 und 2005 zu gefährlichen Strahlungsstürmen geführt hatten, auch Radiowellen abstrahlten. »Da sich diese Wellen mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, während der Strahlungssturm des CMEs langsamer ist, sind die Signale eine Warnung vor dem, was da auf uns zurast«, erklärt der Leiter des Teams, Natchimuk Gopalswamy vom Goddard Spaceflight Center der Nasa. »Das verschafft Astronauten und den Betrei-

NASA, GSFC (TRACE, 26.09.2000)

Heißes Gas aus der Korona bäumt sich gelegentlich zu solchen gigantischen Schleifen auf. Zum Größenvergleich ist hier auch die Erde abgebildet.

bern von gefährdeten Satelliten von einigen Dutzend Minuten bis zu einigen Stunden Zeit, um sich auf das Kommende vorzubereiten.«

Aber auch innerhalb der Sturmfront gibt es schnellere und langsamere Komponenten. Das Erste, was über uns hinwegfegt, sind Elektronen. Sie haben zwar eine weit geringere Masse als Protonen oder Alphateilchen und erreichen deshalb höhere Geschwindigkeiten – sind aber das kleinere Übel. Denn es sind die schnellen Ionen, die Körpergewebe schädigen, Erbgut zerstören und Krebs auslösen können.

Falsche Bescheidenheit

Der deutsche Astronom Arik Posner vom Southwest Research Institute im texanischen San Antonio präsentierte jüngst eine Studie, die das bisher nur qualitativ bekannte Phänomen jetzt auch messbar macht. Er untersuchte Hunderte von Strahlungsstürmen, die der Costep – Comprehensive Suprathermal and Energetic Particle Analyzer – an Bord von Soho zwischen 1996 und 2002 registriere.

Das Gerät ist in der Lage, zwischen den ankommenden Teilchen zu unterscheiden, und so konnte Posner aus dem Anstieg der nachgewiesenen Elektronen die Anzahl später eintreffender Ionen vorhersagen. Die Vorwarnzeit lag dabei zwischen sieben Minuten und eineinviertel Stunden. »Die Methode ist alles andere als perfekt«, gibt Posner bescheiden zu, »aber mit der Auswertung der zahlreich vorhandenen weiteren Daten lässt sich das um einiges verbessern.«

Francis Cucinotta, der Chefwissenschaftler des Space Radiation Program des Johnson Space Center der Nasa, zeigt sich schon jetzt vom neuen Verfahren überzeugt: »Verglichen mit den bisherigen Methoden verringert Posners Technik das Risiko, dass Astronauten der schädlichen Strahlung ausgesetzt sind, weil die Stürme nicht frühzeitig genug erkannt werden, um zwanzig Prozent«, so Cucinotta. »Somit können sich die Mitglieder künftiger Mond- und Marsexpeditionen weiter von ihren Basisstationen entfernen.« Und sicher sein, dass sie vor den Launen der Sonne rechtzeitig gewarnt werden. <<

*AH-Redaktionsleiter **OLIVER DREISSIGACKER** schlägt das stürmische Sommerwetter aufs ansonsten sonnige Gemüt!*

Mehr zu diesem Artikel finden Sie auf der Webseite astronomie-heute.de/artikel/897222.

Neu entwickelte Methoden können Astronauten künftig früher vor den gefährlichen Sonnenstürmen warnen

EIN KLASSIKER des utopischen Films:

ALARM IM WELTALL

Dieser fünfzig Jahre alte Streifen war ein Meilenstein der Sciencefiction und Wegbereiter für »Star Trek« und »Raumpatrouille«.

VON ROBERT VOGEL

Der erste Vertreter der großen, farbenprächtigen Weltraum-Abenteuerfilme beging gerade seinen 50. Geburtststag. »Alarm im Weltall« (Orginaltitel: Forbidden Planet) bietet in einem einzigen Film alles, was das Herz des Sciencefictionfans von den 1950er Jahren bis heute erfreut: eine fliegende Untertasse – dieses Mal jedoch von Menschen bemannt –, einen coolen Roboter, ein geheimnisvolles Monster, einen tapferen Raumschiffkapitän mit seiner Mannschaft und natürlich den genialen Wissenschaftler samt äußerst attraktiver Tochter, in die sich der Kommandant in bester Captain-Kirk-Manier selbstverständlich verliebt. Nicht zuletzt: uralte Technologie einer außerirdischen Zivilisation, die außer Kontrolle gerät.

Die Story:

Im Jahr 2200 hat die Menschheit die Planeten des Sonnensystems besiedelt und einen Überlichtgeschwindigkeitsantrieb entwickelt. Nun steht der Kolonialisierung des fernen Weltalls durch die »Vereinigten Planeten« nichts mehr im Weg. Auf der Suche nach einem zwanzig Jahre zuvor verschollenen Raumschiff landen der Kommandant John Adams und seine Mannschaft mit ihrem Patrouillenkreuzer in einem abgelegenen Raumsektor auf dem exotischen Planeten Altair IV. Dort finden sie jedoch nur noch eine kleine Niederlassung, in der der Forscher Dr. Edward Morbius und seine Tochter Altaira, die auf dieser Welt geboren wurde, in idyllischer Umgebung leben. Ihr dienstbarer Roboter »Robby«, die Kultfigur des Films, schmeißt den Haushalt.

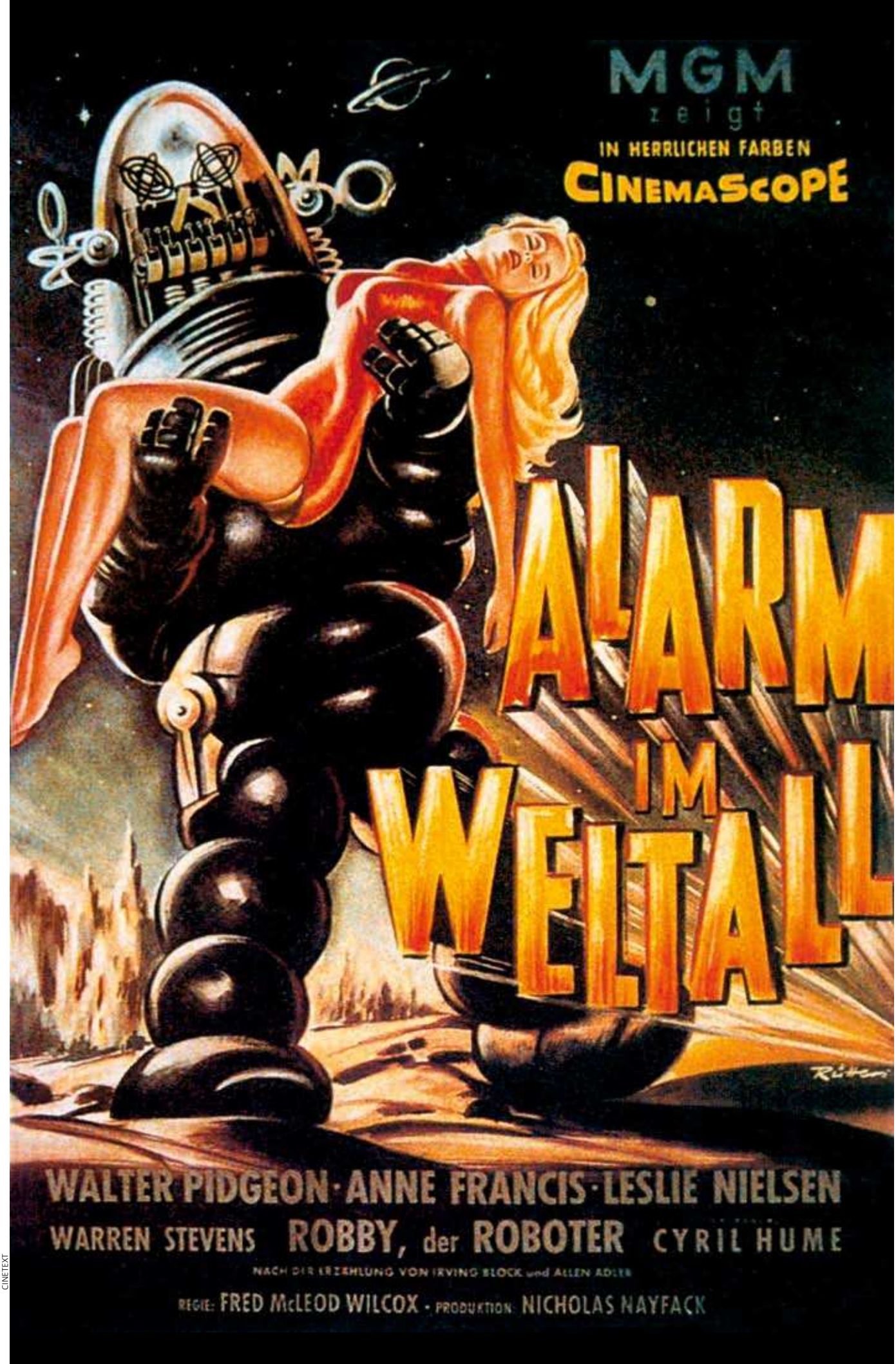
Morbius ist von dem Erscheinen der Raumfahrer gar nicht erfreut und warnt sie von einer unsichtbaren Macht, die schon vor zwanzig Jahren tätig war und zum Tod aller Siedler führte – nur er und seine mittlerweile verstorbene Frau überlebten. Er fordert den sofortigen Abflug der Neuankömmlinge. Als Adams darauf nicht eingeht und sich die Astronauten mehr für Altaira interessieren, erfolgen Angriffe eines unsichtbaren Wesens auf Schiff und Besatzung. Das Unheil von damals nimmt erneut seinen Lauf. Bald findet Adams heraus, dass die Hinterlassenschaften einer unbekannten, uralten, technologisch hochstehenden außerirdischen Rasse, die Morbius studiert, damit in Zusammenhang steht.

Für die Geschichte diente Shakespeares »Der Sturm« als Vorlage. Sie wird geradli-

FORBIDDEN PLANET

- **Deutschlandpremiere:** 1957
- **Regisseur:** Fred M. Wilcox
- **Drehbuch:** Cyril Hume
- **Produzent:** Nicholas Nayfack
- **Darsteller:**
  Walter Pidgeon (Dr. Morbius)
  Anne Francis (Altaira)
  Leslie Nielsen (Cmdr. Adams)
  Warren Stevens (Lt. Ostrow)
  Jack Kelly (Lt. Farman)
  Richard Anderson (Quinn) u. a.
- **Produktion:** MGM 1956

Der deutsche Filmverleih wählte nicht die Übersetzung des Filmtitels Forbidden Planet, sondern entschied sich für »Alarm im Weltall«.


MGM
zeigt
IN HERRLICHEN FARBEN
CINEMASCOPE
ALARM IM WELTALL
WALTER PIDGEON · ANNE FRANCIS · LESLIE NIELSEN
WARREN STEVENS ROBBY, der ROBOTER CYRIL HUME
NACH DER ERZÄHLUNG VON IRVING BLOCK und ALLEN ADLER
REGIE: FRED McLEOD WILCOX · PRODUKTION: NICHOLAS NAYFACK

CINETEXT

GESAMTE FILMROLLE: DEFD-MOVIES

nig erzählt und wirkt bis heute weder veraltet noch langweilig. Die Figuren erscheinen glaubwürdig und psychologisch vielschichtig, was für eine gute Story ebenso wichtig ist wie die Handlung.

Bei der Produktion konnten die Filmemacher auf die schier unbegrenzten Resourcen von Metro-Goldwyn-Mayer (MGM) zurückgreifen, dem damals führenden Hollywoodstudio. Regisseur Fred Wilcox nutzte dies voll aus, bis ihm die Studiobosse einen Riegel vorschoben. Bühnenbildner und Ausstatter konnten sich bis dahin jedoch lange genug austoben – und das sieht man dem Film an: Die eindrucksvollen Kulissen vermitteln glaubhaft, dass die Handlung auf einem fernen, exotischen Planeten spielt.

Das Einzige, was es damals bei MGM nicht gab, war eine Abteilung für Spezialeffekte, deshalb lieh man sich den Chef-Trickzeichner von Disney aus, um dem »Monster« Leben einzuhauchen. Dabei ging es nicht um Effekthascherei, sondern nur um dessen Visualisierung. Dies gelang so überzeugend, dass die Tricktechnik für einen Oscar nominiert wurde, der in jenem Jahr jedoch an Cecil B. DeMilles Bibel-Opus »Die zehn Gebote« ging.

In »Alarm im Weltall« wurde zum ersten Mal rein elektronische Musik verwendet, die nahtlos in die Toneffekte übergeht. Das Ergebnis ist sehr ungewöhnlich, was die Fremdartigkeit des Planeten Altair IV auch akustisch betont.

»Krieg der Sterne« der 1950er

Obwohl der Film damals von MGM als ein B-Movie angesehen wurde, erhielt der Streifen eine erstklassige Werbung, was sich bald bezahlt machte. Er wurde zu einem »Krieg der Sterne« seiner Zeit; einer Epoche, als Sciencefictionfilme meist von Monstern und Außerirdischen beherrscht wurden, die die Erde erobern oder vernichten wollten. Dies spiegelte natürlich den damaligen Zeitgeist wider, der von den Bedrohungsszenarien Kalter Krieg, Kommunismus und Atombombe geprägt war.

Von vielen wird der Film auch als einer der Vorläufer für Star Trek gesehen – die Serie um Raumschiff Enterprise und Captain Kirk –, denn viele der Motive finden sich dort wieder. Star-Trek-Schöpfer Gene

Nicht außerirdische, sondern irdischen Astronauten reisen in dieser fliegenden Untertasse. Sie ist somit das Vorbild für die »Orion« aus »Raumpatrouille«

OBERE REIHE: ROBERT VOGEL

Roddenberry bekannte, »Alarm im Weltall« habe ihn inspiriert. So sind die Parallelen in den Figuren des Kommandanten Adams – die erste große Rolle des damals dreißigjährigen Kanadiers Leslie Nielsen – und die des Captain Kirk von der Enterprise nicht zufällig.

Seit ein paar Jahren kursieren in Hollywood Gerüchte über eine Neuverfilmung des Stoffs, doch bisher ist noch nichts Konkretes bekannt geworden. Das Original jedenfalls gilt als einer der Meilensteine des Sciencefictionfilms und setzte einen Standard, den erst zwölf Jahre später Stanley Kubrick und Arthur C. Clarke mit »2001: Odysse im Weltraum« übertreffen sollten. Mehr zu diesem Film lesen Sie in einer der nächsten Ausgaben.

»Alarm im Weltall« ist seit 2006 bei Warner Home Video als Special Edition mit vielen Extras auf zwei DVDs erhältlich. <<

ROBERT VOGEL *ist Sciencefictionkenner und liefert regelmäßig Scifi-News für die AH-Webseite. Mehr unter astronomie-heute.de/artikel/897202 oder astronomie-heute.de/sciencefiction*

DIE BESTEN SCIFI-FILME ALLER ZEITEN

1	Star Wars: Episode V (1980)	Bewertung: 8,8
2	Star Wars: Episode IV (1977)	Bewertung: 8,8
3	Matrix (1999)	Bewertung: 8,5

4.	Metropolis (1927)	8,4
5.	Alien (1979)	8,4
6.	Aliens (1986)	8,3
7.	2001: Odyssee im Weltraum (1968)	8,3
19.	Der Tag, an dem die Erde stillstand (1951)	8,1
25.	Invasion der Körperfresser (1956)	8,0
50.	Alarm im Weltall (1956)	7,7

Die Besucher der Internet Movie Data Base (IMDB) bewerteten »Alarm im Weltall« mit durchschnittlich 7,7 von 10 möglichen Punkten. Er ist damit die Nummer 50 unter den Sciencefictionfilmen als drittbester der 1950er Jahre.

DEN SCHLEIERNEBEL ENTSCHLEIERN

Neue Bilder vom Weltraumteleskop Hubble erlauben tiefe Einblicke in die büschelartigen Strukturen, die ein explodierender Stern vor vielen tausend Jahren hinterließ.

VON FRANK SCHUBERT

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: NASA / ESA

Diese scharf abgesetzten, bunten Filamente sind Stoßwellen, die den Schleiernebel durchlaufen und auf die wir von der Seite blicken, sodass wir ihre verdichteten Fronten erkennen.

Die vor Kurzem veröffentlichten Hubble-Aufnahmen zeigen drei große Ausschnitte aus dem Schleiernebel. Er ist einer der spektakulärsten Supernova-Überreste, den wir kennen. Etwa 1500 Lichtjahre von der Erde entfernt im Sternbild Schwan gelegen, steht uns der Schleiernebel – gemessen in galaktischen Entfernungen – recht nah. Zudem wird er kaum von Staub verhüllt, was ihn zu einem idealen Beobachtungsziel macht.

Supernovae sind gewaltige Explosionen von massereichen Sternen, wenn diese das Ende ihres Daseins erreicht haben (AH 10/2005, S. 24). Im Zentrum des Sterns kommt es dabei zu einem plötzlichen Verlöschen des Fusionsfeuers. Weil nun der Strahlungsdruck von innen fehlt, stürzt der Kern schlagartig in sich zusammen – und die äußeren Hüllen hinterher. Einige Augenblicke später erreicht der Kern einen maximalen Verdichtungszustand: Er wird zum Neutronenstern und kann fortan nicht weiter kollabieren. Seine Implosion stoppt daher unvermittelt. Das nachfallende Hüllenmaterial prallt von der Oberfläche des frischgebackenen Neutronen-

In dieser Weitwinkelaufnahme vom Schleiernebel (Kantenlänge etwa drei mal vier Grad) sind die Ausschnitte markiert, die Hubble aufnahm. Das Bild wurde im Rahmen des Digitized Sky Survey vom Erdboden aus fotografiert. Norden ist oben.

Der Schleiernebel im Schwan (NGC 6992/-6960)

WALLPAPER unter astronomie-heute.de/wallpaper

sterns ab und wird zurückgeworfen. Eine gewaltige Explosion nimmt ihren Lauf.

Supernovae setzten unvorstellbare Strahlungsmengen frei und sind daher extrem lichtstark. Auf ihrem Höhepunkt leuchten sie heller als eine ganze Galaxie mit allen darin befindlichen Sternen zusammengenommen. Sie verlöschen jedoch recht schnell wieder, schon wenige Monate später hat ihre Helligkeit dramatisch abgenommen. Zurück bleiben der Neutronenstern, also der ehemalige Kern der explodierten Sonne, sowie eine riesige, glühende, sich ausdehnende Hülle aus Gas – jenem Material, das einst die Schalen des untergegangenen Sterns bildete. Diese Hülle bildet von außen betrachtet eine schwach leuchtende Wolke, welche die Astronomen »Supernova-Überrest« nennen.

Der Schleiernebel ist weder besonders jung noch besonders alt. Die Sternexplosion, aus der er hervorging, ereignete sich vermutlich vor fünf- bis zehntausend Jahren. Damit ist er, verglichen mit anderen Supernova-Überresten, im mittleren Alter. Von uns aus gesehen besitzt er am Nachthimmel einen Durchmesser von drei Bogengrad – sechsmal so viel wie der Vollmond! Zum Vergleich: Wenn Sie an Ihrem ausgestreckten Arm entlangschauen, dann bedeckt Ihre geballte Faust am Firmament ein Gebiet mit einem Durchmesser von etwa zehn Grad.

Die neuen Hubble-Aufnahmen vom Schleiernebel zeigen erstaunlich detailliert, wie sich das Gas angeordnet hat. Man erkennt büschelartige Strukturen, die wie Rauch aussehen, und verflochtene, seilähnliche Filamente. Letztere entstanden, als die nach außen rasenden Gasmassen auf Material in der Umgebung prallten, sich dabei zu Stoßwellen verdichteten und enorme Energiemengen freisetzten. In diesen Stoßwellen heizte sich das Gas auf mehrere Millionen Grad auf. Seither kühlt es wieder ab, indem es Strahlung aussendet – der Grund dafür, warum es farbig leuchtet.

Nur etwa jeder hundertste Stern beendet sein Dasein als Supernova. Dennoch sind es ausschließlich die Explosionen massereicher Sterne, die schwerere Elemente als Eisen – etwa Kupfer, Quecksilber, Gold und Blei – freisetzen. Zudem sind sie die wichtigsten Lieferanten von Sauerstoffatomen im Universum. Die schweren Elemente, aus denen die Erde und auch wir bestehen, entstanden allesamt im Innern früherer Sterne und in den Stoßwellen von Supernovae. Sie wurden von explodierenden Sternen im Weltall verteilt, vermischten sich mit interstellaren Gas- und Staubwolken und gelangten so auch in jene protoplanetare Scheibe, aus der später unser Heimatplanet hervorging. <<

Die Bilder, die Hubble schoss, setzen sich aus drei Farben zusammen. Diese geben die Verteilung von verschiedenen chemischen Elementen wieder, welche von den Stoßwellen zum Leuchten angeregt wurden. Blau entspricht Sauerstoff, grün Schwefel, rot Wasserstoff.

Der größte Teil des Sauerstoffs im Universum stammt aus Supernova-Explosionen

FRANK SCHUBERT *ist ständiger Mitarbeiter von* ***astronomie heute****.*

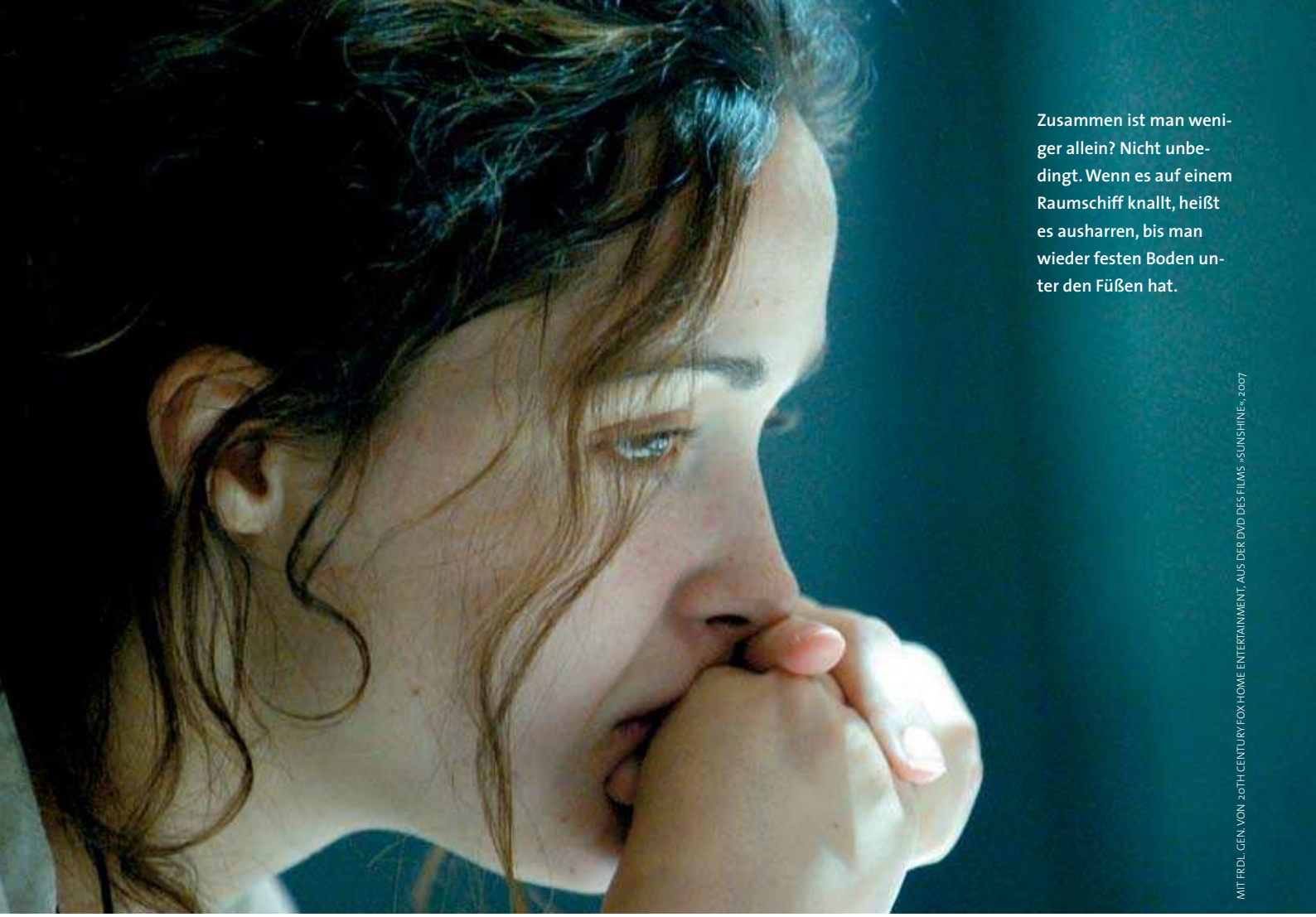
ZOFF IM WELTRAUM

Keine ausgedehnte Expedition ohne Gruppendynamik: Wer ins All fliegt, tut dies nicht allein. Langzeitmissionen bestehen oft aus einer bunt gemischten Crew. Konflikte sind da vorprogrammiert.

VON MILA HANKE

MIT FRDL. GEN. VON 20TH CENTURY FOX HOME ENTERTAINMENT, AUS DER DVD DES FILMS »SUNSHINE«, 2007

Männer und Frauen. Russen, Amerikaner, Europäer, Chinesen und Japaner – in einem Raumschiff stehen sich die verschiedensten Menschen mit ganz unterschiedlichen Vorstellungen über das Zusammenleben gegenüber, wie hier die Besatzung des Raumschiffs Icarus II aus dem Film »Sunshine«. Das bietet Stoff für Diskussionen – richtig viel Stoff für Zoff.



Zusammen ist man weniger allein? Nicht unbedingt. Wenn es auf einem Raumschiff knallt, heißt es ausharren, bis man wieder festen Boden unter den Füßen hat.

MIT FRDL. GEN. VON 20TH CENTURY FOX HOME ENTERTAINMENT, AUS DER DVD DES FILMS »SUNSHINE«, 2007

Martin hatte schon direkt nach dem Aufstehen nur verächtlich gegrüßt, und nun putzte er sich während des Essens mehrmals ausgiebig die Nase. Das war nun wirklich zu viel: Hiroshi machte eine spitze Bemerkung über die typische deutsche Unhöflichkeit. Das konnte sich nun wieder Martin nicht gefallen lassen. Wütend sprang er auf und drohte dem Japaner mit der Faust ... Auf der Erde könnte man in konfliktgeladenen Situationen wie dieser einfach den Raum verlassen. Eine Zigarettenpause machen. Eine Runde um den Block laufen. Doch was tut man auf einer engen Raumstation?

Der Erfolg einer Weltraummission hängt nicht nur von der Verfassung jedes Einzelnen ab – auch das Team muss funktionieren. Zahlreiche Simulationsstudien auf der Erde ebenso wie die Erfahrungen im All belegen, dass Enge, Isolation und extreme Lebensbedingungen Spannungen und Konflikte innerhalb der Gruppe provozieren. Die Folge: Zusammenhalt und Leistungsfähigkeit der Crew sinken. Dabei verstärken nicht nur unklare Rollenverteilung, schlechte Führung oder fehlende private Rückzugsmöglichkeiten eine solche negative Entwicklung. Auch kulturelle Unterschiede können das Fass zum Überlaufen bringen.

Die Psychologen Robert Helmreich und Ashleigh Merritt von der University of Texas in Austin wiesen schon in den 1990er Jahren an Flugzeugbesatzungen nach, dass Angehörige verschiedener Nationalitäten oft ganz unterschiedliche Vorstellungen von guter Zusammenarbeit an Bord besitzen. Der eine bevorzugt selbstständiges Arbeiten, der andere möchte gern möglichst konkrete Handlungsanweisungen, und nicht jeder ist gleichermaßen bereit, Regeln und Anweisungen widerspruchslos zu befolgen.

Missverständnisse

Gerade in so unterschiedlichen Aspekten wie dem Geschlechtsrollenverhalten, dem Respektieren der Privatsphäre, dem Stellenwert der Gruppe gegenüber dem Einzelnen sowie selbst im Hinblick auf Hygiene-

Extreme Lebensbedingungen provozieren häufig Spannungen und Konflikte in der Gruppe

Russe – Deutscher – Amerikaner: Astronauten üben nicht nur das Tragen der Raumanzüge, sondern auch das Ertragen der anderen Besatzungsmitglieder.

NASA

Sex

AUCH ASTRONAUTEN SIND NUR MENSCHEN

Im Februar machte die damalige Spaceshuttle-Astronautin Lisa Nowak Schlagzeilen, als sie aus Eifersucht den weiblichen Luftwaffen-Offizier Colleen Shipman bedrohte. Nowak war in ihren Nasa-Kollegen Bill Oefelein verliebt – wie auch Shipman. Was wäre passiert, wenn ein solcher Vorfall an Bord eines Raumschiffs stattgefunden hätte?

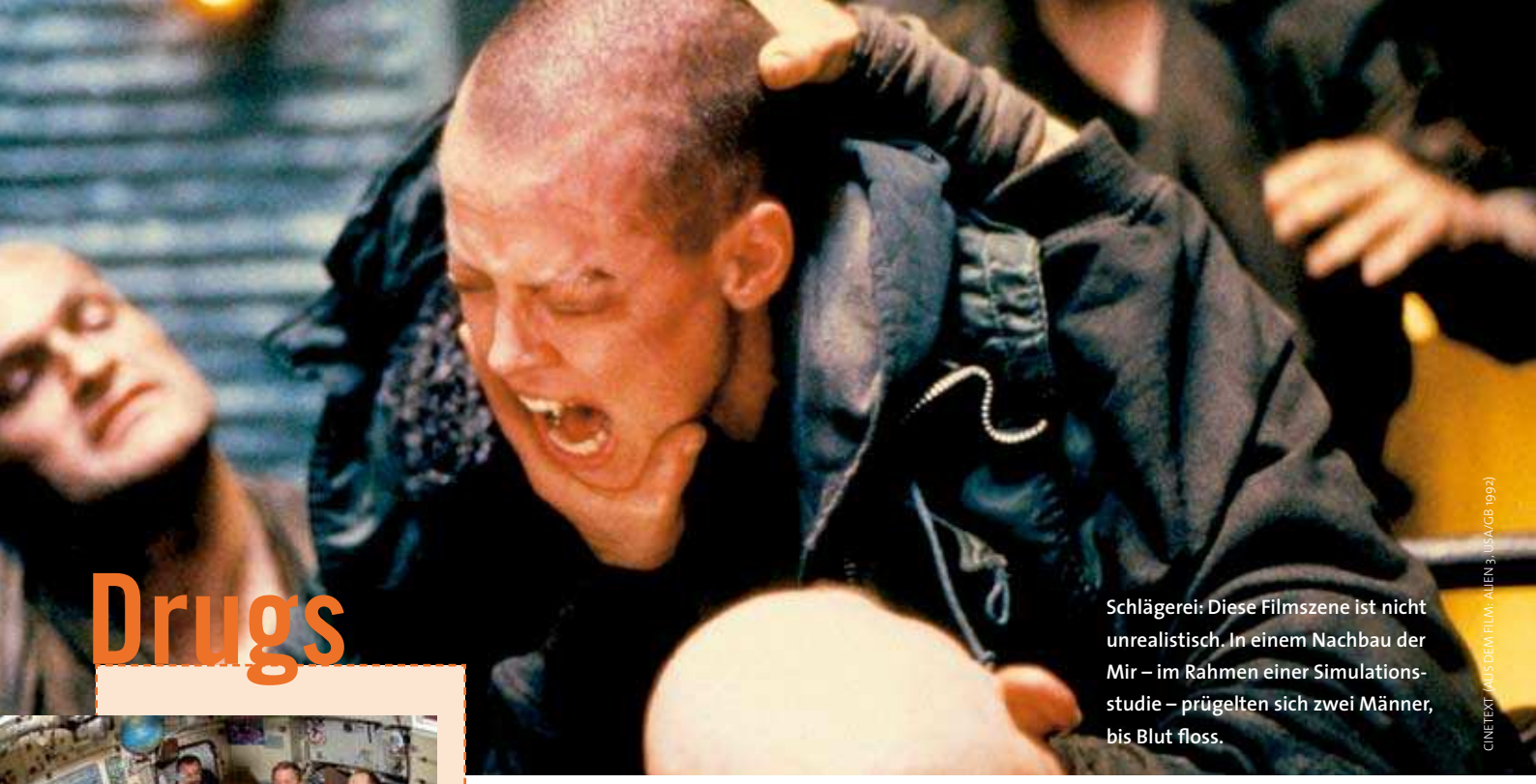
Einer bunt gemischten Crew drohen nicht nur interkulturelle Konflikte – auch Liebe und Triebe bereiten den Wissenschaftlern erhebliches Kopfzerbrechen. Im Mai wies die amerikanische Wissenschaftsjournalistin Laura Woodmansee darauf hin, dass es bei der Nasa noch keine Regeln für den Umgang mit Liebe und Sex bei einer Raumschiffbesatzung gebe. In den folgenden Wochen war die Frage: »Haben sie schon ... oder haben sie noch nicht?« Thema mehrerer Blogs im Internet.

Auch wenn schon seit 1982 gemischtgeschlechtliche Besatzungen ins All fliegen und im Jahr 1992 das erste Ehepaar einen Shuttle bestieg – es ist nicht klar, ob es im Weltraum jemals zum Sex kam. Doch die Frage ist auch unerheblich: Wo es Menschen gibt, da menschelt es, sagt ein Sprichwort. Und die erotische Anziehung oder Ablehnung zwischen Besatzungsmitgliedern kann durchaus zu einem Konfliktherd werden. Vor einem mehrere Jahre dauernden Flug zum Mars sollte die Nasa daran denken ...

Was mit einem Kuss beginnt, kann leicht im Streit enden ...

CINETEXT (AUS DEM FILM: STAR WARS V: DAS IMPERIUM SCHLÄGT ZURÜCK, USA 1980)

Drugs



Schlägerei: Diese Filmszene ist nicht unrealistisch. In einem Nachbau der Mir – im Rahmen einer Simulationsstudie – prügelten sich zwei Männer, bis Blut floss.

CINETEXT (AUS DEM FILM: ALIEN 3, USA/GB 1992)

NASA

Rotwein kommt der Nasa nicht in die Tüte.

HIGH IN THE SKY

Ein Bierchen nach der Arbeit oder ein Glas Sekt auf die neuen Kollegen? Unmöglich, sagt die Nasa. Zwar zählt das Anstoßen auf der Erde zu einem der wichtigsten Gemeinschaftsrituale, doch die Nachricht vom Juli, zwei Nasa-Astronauten hätten angetrunken eine Mission angetreten, löste weltweit Entrüstung aus. Dabei hat das Trinken im All sozusagen Tradition: Der zweite Mann auf dem Mond, Edwin »Buzz« Aldrin, soll seine ersten Schritte dort mit Wein gefeiert haben, die amerikanische Wissenschaftlerin Kirsten Sterett sogar Bier im All gebraut haben. Und die Russen, so heißt es, hätten Ende der 1990er Jahre eine Kiste mit Zigaretten und Wodka mit auf die Mir genommen – mit der Aufschrift »Psychologische Unterstützung« ...

standards weichen verschiedene Kulturkreise oft massiv voneinander ab. Zwar ist wissenschaftlich nicht eindeutig erwiesen, welche Wirkung derartige Differenzen auf einer Raumstation entfalten, doch gibt es eine Reihe von aufschlussreichen Berichten über Einzelfälle.

So offenbarte die 1999 von der russischen Raumfahrtbehörde durchgeführte »SFINCSS«-Studie ein eindrucksvolles interkulturelles Fiasko: Drei Männer und eine Frau – ein Japaner, ein Österreicher, ein Russe und eine Kanadierin – lebten und arbeiteten 110 Tage lang zusammen in einem Nachbau der Mir. Westliche und östliche Kulturvorstellungen des Zusammenlebens prallten dabei hart aufeinander – und führten zur Eskalation.

Knall im All

In der Silvesternacht prügelten sich zwei der Männer derart, dass Blut spritzte. Wenig später küsste der russische Kommandant die Kanadierin gegen ihren Willen. Was für ihn eine freundschaftliche Geste war, empfand sie als sexuelle Belästigung. Zuletzt führten die extremen Spannungen sogar dazu, dass der Japaner das Experiment vorzeitig abbrach.

»Bisher haben wir noch kein diagnostisches System, das in der Lage wäre, das Beziehungsgefüge innerhalb der Crew objektiv abzubilden«, erläutert Bernd Johannes, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung für Luft- und Raumfahrtpsychologie des DLR in Hamburg. Ein solches wäre aber notwendig, um aufkommende Spannungen frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig gegenzusteuern. Johannes hat hierfür eine genaue Analyse der Stimmen und Gesprächsabläufe der Crew im Sinn, wie sie im Rahmen des Projekts Neurolab 2000 (AH September 2007, S. 36) bereits für die Beobachtung der Befindlichkeit einzelner Astronauten verwendet wurde. »Dieses System könnte auch bei der gesamten Crew zum Einsatz kommen.« Allein schon die zeitlichen Muster der sprachlichen Interaktion gäben Aufschluss über die Gruppenstruktur, meint Johannes. Wer spricht wie oft mit wem? Werden jemandem wichtige Informationen vorenthalten?

Ein amerikanisches Forscherteam um James Carter von der Harvard Medical School in Boston will dagegen schon früher ansetzen: mit einem psychologischen Gruppentraining im Vorfeld der Mission, damit Konflikte gar nicht erst aufkommen. Gefördert von der Nasa, entwickelten die Wissenschaftler ein multimediales Konflikttrainingsprogramm. Dafür legten die Forscher zunächst ehemaligen Astronauten hypothetische Szenarien vor, die Konflikte innerhalb des Teams oder zwischen Crew und Bodenpersonal zum Inhalt hatten. Die Befragten sollten dann auf Grund ihrer Erfahrung einschätzen, welche Fehler dabei häufig gemacht werden und wie die Situationen am besten zu bewältigen wären. Zusätzlich lieferten Exper-

Vor einer Mission sollten Astronauten auf der Erde trainieren, wie sie Konfliktsituationen lösen

ten für interpersonelles Konfliktmanagement und Depressionsbehandlung Ratschläge und praktische Tipps.

All diese Informationen flossen in eine Datenbank ein, die mit dem dreidimensionalen Computermodell einer Raumstation verknüpft wurde. So lassen sich verschiedene Situationen mit virtuellen Charakteren lebensnah nachstellen. Das Ziel: Vor einer Mission sollen Astronauten auf der Erde trainieren, wie sie mögliche Konfliktsituationen am besten lösen. Der Prototyp wird derzeit am Johnson Space Center der Nasa in Houston, Texas, getestet.

Ganz allein zum Mars

Für die Zukunft plant Carter, das System direkt auf der Raumstation einzusetzen – als eine Art psychologische Probebühne. Dann könnten Astronauten bei Konflikten das Archiv nach vergleichbaren Szenarios durchsuchen und verschiedene Lösungswege durchspielen. Dies würde die Gefahr einer Eskalation deutlich reduzieren.

Bei bemannten Missionen zum Mars könnten psychische Belastung und Gruppendynamik bislang ungeahnte Ausmaße annehmen. Um das Jahr 2030 will die Nasa diesen Weltraumtrip der Superlative in die Tat umsetzen. Größte Herausforderung ist dabei die Reisedauer. Je nach Umlaufbahn sind die Erde und der Rote Planet zwischen 56,8 und 399,4 Millionen Kilometer voneinander entfernt. Allein schon die Hin- und Rückflugzeit würden sich daher zusammengenommen auf rund eineinhalb Jahre belaufen.

Durch die Entfernungen sind beim Funkverkehr während der Mission bis zu zwanzig Minuten Verzögerung möglich, teilweise kann er sogar ganz ausfallen. »Viel stärker als Crews in der Erdumlaufbahn werden Besatzungen von Marsmissionen zeitweilig ganz auf sich allein gestellt sein«, betont Dietrich Manzey von der TU Berlin, der als Psychologe Astronauten bei der Esa betreut. »Und niemand wird sie retten können, wenn etwas schiefgeht – was auf der ISS innerhalb von Stunden möglich wäre.«

Mars-Reisende werden auch noch eine andere ungewohnte Erfahrung machen müssen: Als Erste werden sie während ihres jahrelangen Flugs durchs All die Erde nicht mehr sehen können. Manzey warnt: »Eine solche Langzeitmission ist eine Extremform der Isolation. Die mentalen Auswirkungen können wir überhaupt noch nicht abschätzen. Ohne psychologische Unterstützung wäre eine derartige Expedition unverantwortlich.«

Allerdings bringen Flüge ins All nicht nur Belastungen für die Psyche mit sich: Sie können sie auch stärken. »Wer sich an die extremen Lebensbedingungen anpasst, kann aus diesen Erfahrungen auch Vorteile ziehen«, erklärt der amerikanische Psychologe Nick Kanas von der University of California in San Francisco. So haben einige Teilnehmer von Studien in puncto Stresstoleranz und Leistungsfähigkeit zugelegt. Viele ehemalige Astronauten berichten außerdem, die Weltraumerfahrung habe sie in ihrer Persönlichkeit gestärkt.

Nie wieder Astronaut?

Der deutsche Raumfahrer Thomas Reiter, der im Dezember 2006 von seinem sechsmonatigen Aufenthalt auf der ISS zurückkehrte, hat jedenfalls noch lange nicht genug vom All. Nach seiner Landung schwärmte er: »Außerhalb der Raumstation zu arbeiten, in einer Höhe von 400 Kilometern bei 27 000 Stundenkilometern an der Station herumzuklettern – ein unbeschreibliches Gefühl!«

John Blaha hingegen, einem erfahrenen Astronauten, der von September 1996 bis Januar 1997 auf der russischen Mir arbeitete (AH September 2007, S. 36), reichte bereits dieser kurze Aufenthalt mit all seinen Belastungen und technischen Pannen, um einen Schlussstrich unter seine Astronautenkarriere zu ziehen. Nachdem er am 22. Januar 1997 wieder auf der Erde landete, verkündete er ernüchtert, einen solchen Job wolle er nie wieder machen. <<

MILA HANKE *ist Diplompsychologin und hätte durchaus Lust, selbst einmal ins All zu fliegen. Ein paar Tage würden ihr allerdings genügen.*
Mehr zu diesem Thema unter:
astronomie-heute.de/artikel/ 897286

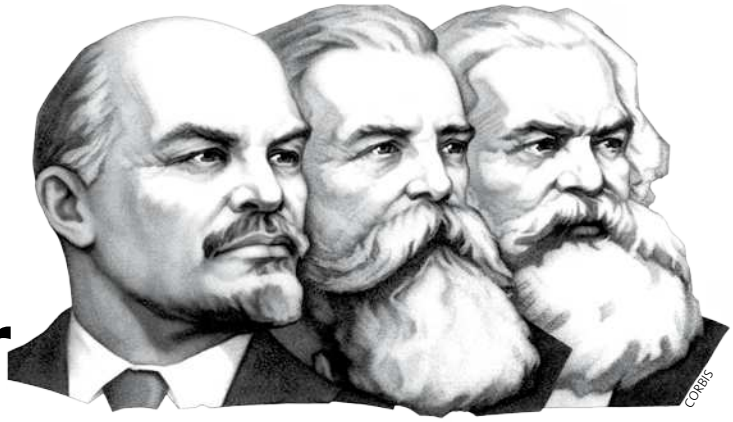
Rock 'n' Roll

ESA

Reiter und ein Kollegen mit Gitarre

AUF DIE OHREN

Mit Musik geht vieles besser, auch das Leben im All: Auf die ISS durfte Astronaut Thomas Reiter 2006 seine Gitarre und einen MP3-Player mitnehmen. Damit hörte er Rock, Blues, Jazz und Klassik. Dass Raumfahrer ohne Musik auskommen können, glaubt die Esa nicht. Bei einem Wettbewerb zeichnete sie eine 14-jährige Norwegerin für ihre Titelauswahl aus. Das Transportschiff ATV bringt diese Auswahl im Winter zur ISS – zum Beispiel »Rocket man« von Elton John und »Here comes the sun« von den Beatles.



Der SIEG der SOWJETUNION

Vor fünfzig Jahren schoss die rote Supermacht den ersten künstlichen Satelliten ins All. Die Amerikaner waren starr vor Schreck.

VON THILO ELSNER

Die ganze Welt fieberte 1957 dem bevorstehenden ersten Satellitenstart entgegen. Auch bei uns in der Volkssternwarte Bochum wartete man auf den Tag X. Denn er verhieß die Gelegenheit, statt des natürlichen Firmaments einmal einen künstlichen Himmelskörper mit dem Fernrohr zu beobachten. Die Vorbereitungen im Bochumer Observatorium waren schon im Sommer 1957 voll angelaufen, im September dann wurde die Sternwarte in das weltweite Netz zur Satellitenbeobachtung aufgenommen. Schließlich warteten alle nur noch darauf, dass der erste Flugkörper aus den USA ins All vorstoßen würde – denn dass es ein amerikanischer sein würde, daran bestand nicht der geringste Zweifel. Doch es sollte anders kommen, ganz anders – nicht nur für die Volkssternwarte Bochum, sondern für die gesamte Menschheit.

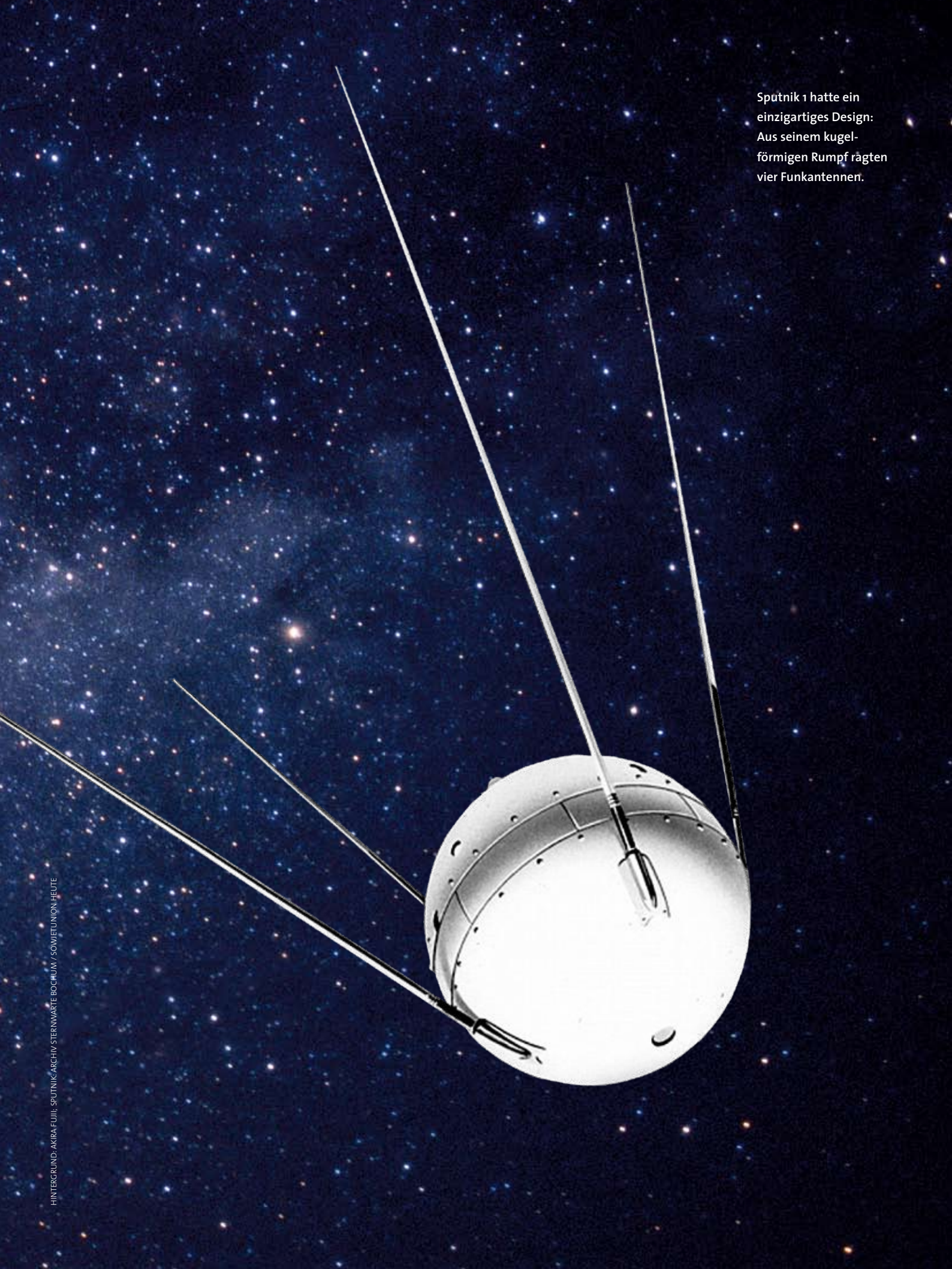
Am 4. Oktober 1957 schoss die Sowjetunion plötzlich und unerwartet ihren »Sputnik 1« in den Weltraum – das erste Artefakt der Menschheit, das auf eine Erdumlaufbahn geschickt wurde. Es war die Sensation des Jahrhunderts – der Beginn des Raumfahrt-Zeitalters! Zwar hatte die UdSSR diesen Schritt mehrfach angekündigt, doch die westliche Welt hatte dies nie besonders ernst genommen. Während die Sowjetunion nach dem gelungenen Start über ihren Erfolg triumphierte, waren die USA zutiefst schockiert. Der Nimbus der ungebrochenen technologischen Überlegenheit der Amerikaner war nach diesem Ereignis zerstört.

Beim Militär entwickelt

Die technischen Grundlagen für diese neue Epoche wurden in den 1940er Jahren im Dritten Reich gelegt. Am 3. Oktober 1942 gelang der erste Start einer deutschen Aggregat-4-Rakete (A4). Im weiteren Verlauf des Zweiten Weltkriegs statteten die NS-Militärs die A4 mit schweren Sprengköpfen aus und benannten sie in »Vergeltungswaffe 2« (V2) um. Bis Ende März 1945 starteten mehr als 3000 V2 und bombardierten Ziele in England, Belgien und Frankreich. Dabei starben insgesamt etwa 12 000 Menschen.

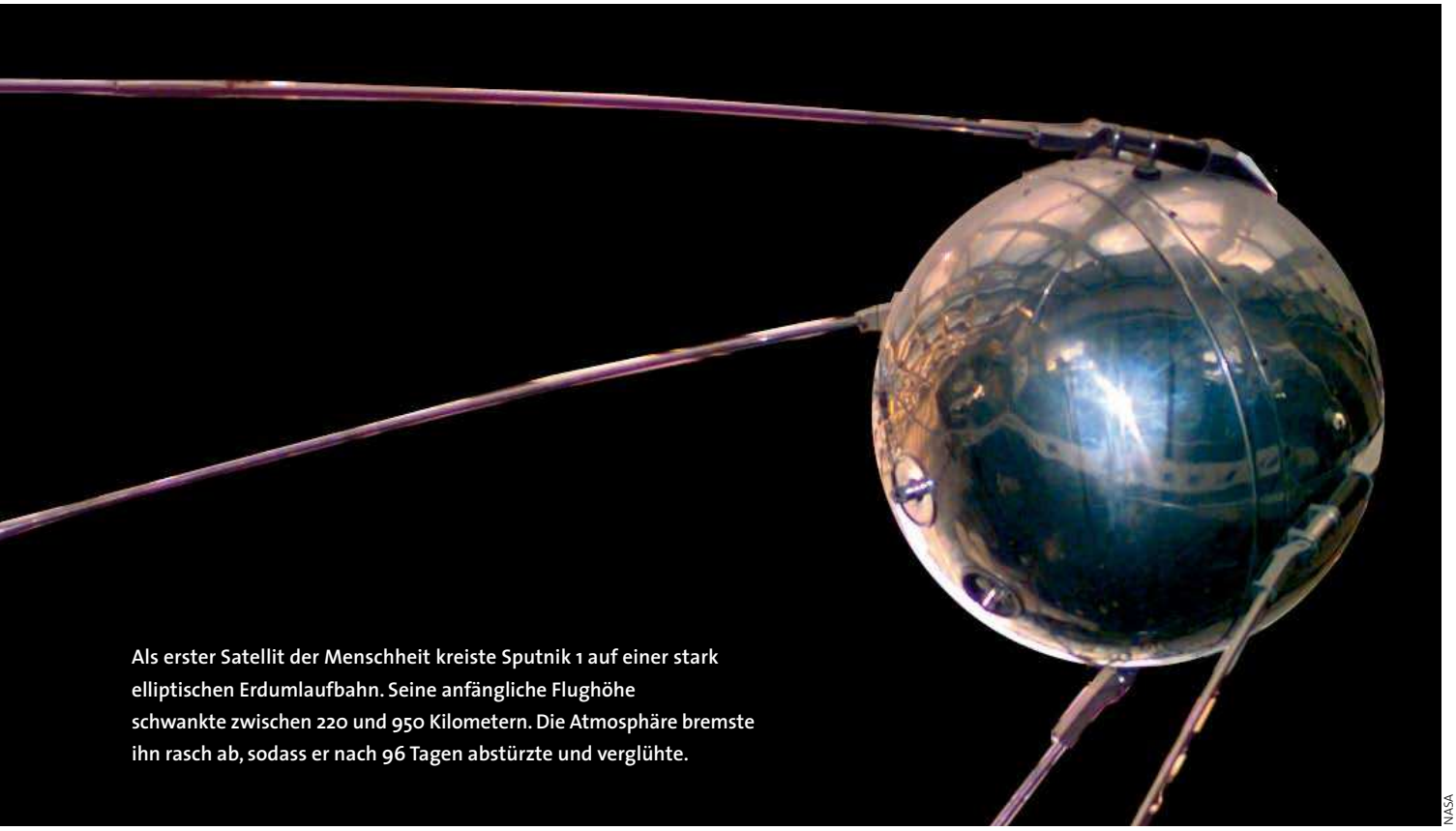
EINS ZU NULL FÜR BOCHUM

In Westeuropa gelang es Heinz Kaminski von der Volkssternwarte Bochum wohl als Erstem, Sputniks schwache Funksignale (Sendeleistung: 1 Watt) zu empfangen. Er erntete damit großen Ruhm, was zur späteren Gründung des Bochumer Instituts für Satelliten- und Weltraumforschung beitrug.



Sputnik 1 hatte ein einzigartiges Design: Aus seinem kugelförmigen Rumpf ragten vier Funkantennen.

HINTERGRUND: AKIRA FUJII; SPUTNIK: ARCHIV STERNWARTE BOCHUM / SOWJETUNION HEUTE



Als erster Satellit der Menschheit kreiste Sputnik 1 auf einer stark elliptischen Erdumlaufbahn. Seine anfängliche Flughöhe schwankte zwischen 220 und 950 Kilometern. Die Atmosphäre bremste ihn rasch ab, sodass er nach 96 Tagen abstürzte und verglühte.

NASA

In den Nachkriegsjahren versuchten mehrere Nationen sehr intensiv, eine leistungsfähige Raketenindustrie zu entwickeln. Ein wichtiges Ziel dieser Bemühungen bestand darin, interkontinentale ballistische Flugkörper zu konstruieren, deren Bahnen sich bis an den Rand des Alls erstrecken sollten. Im Zuge dieser Anstrengungen schufen Ingenieure die notwendigen Werkzeuge für Weltraumstarts schon lange vor Sputnik.

Bereits 1948 waren die USA nahe daran, ein Erdsatellitenprojekt zu verwirklichen. Der damalige Verteidigungsminister James Forrestal setzte sich vor dem amerikanischen Kongress für »künstliche Weltraumstützpunkte« der Amerikaner ein. Seine Pläne wurden jedoch bald als zu utopisch zu den Akten gelegt, denn zu diesem Zeitpunkt legten die Amerikaner mehr Gewicht auf die weitere Entwicklung der Waffensysteme. Damit verglichen, schätzten sie den militärischen Wert künstlicher Satelliten nur gering ein. Das änderte sich erst im »Geophysikalischen Jahr« 1957/58, das die Initialzündung der Raumfahrt mit sich brachte.

Forscher aus aller Welt hatten bereits 1952 beschlossen, den Zeitraum vom 1. Juli 1957 bis zum 31. Dezember 1958 zum ersten Internationalen Geophysikalischen Jahr (IGJ) zu erklären. In dieser Zeit sollten multilaterale Forschungsvorhaben zur Erkundung der Erde, der Ozeane, der Atmosphäre und des Weltraums durchgeführt werden.

Der Kampf der Giganten

Zwei Jahre später wurden alle beteiligten Nationen aufgefordert, in ihre Forschungsprojekte künstliche Satelliten einzubeziehen. Daher beschäftigten sich die Amerikaner ab 1955 mit der Entwicklung eines entsprechenden Programms. Am 29. Juli 1955 ließ der damalige US-Präsident Dwight D. Eisenhower verkünden, dass die Vereinigten Staaten einen oder mehrere kleine Erdsatelliten bauen würden. Das Vanguard-Projekt war geboren; es sollte die USA ins Zeitalter der Raumfahrt katapultieren. Mitten im Kalten Krieg war das natürlich eine Provokation an die Adresse der Sowjetunion, die vier Tage später ebenfalls verlauten ließ, einen eigenen Satelliten starten zu wollen. Das Wettrennen ins All hatte begonnen.

Die Ankündigung der US-Regierung kam nicht nur für die Öffentlichkeit über-

WUSSTEN SIE ...

... dass der Begriff Sputnik zu den hundert meistverwendeten Wörtern im 20. Jahrhundert zählt? Zu dieser Auswahl gehören auch »Terrorismus«, »Klimakatastrophe«, »Globalisierung«, »Molotowcocktail«, »Aids« und »Urknall«. Die hundert häufigsten Wörter des 20. Jahrhunderts wurden von einem Expertengremium zusammen mit der Gesellschaft für deutsche Sprache ausgewählt.

raschend, sondern auch für jene Ingenieure und Wissenschaftler, die seit 1954 am ersten amerikanischen Satellitenprojekt »Orbiter« gearbeitet hatten. Dieses sah vor, dass die amerikanische Marine den Satelliten bauen, die Armee hingegen das Raketenträgersystem bereitstellen und erproben sollte. Schon im Januar 1955 – sechs Monate vor Eisenhowers Regierungserklärung – war das »Unternehmen Orbiter« der Forschungsabteilung des amerikanischen Verteidigungsministeriums vorgestellt worden.

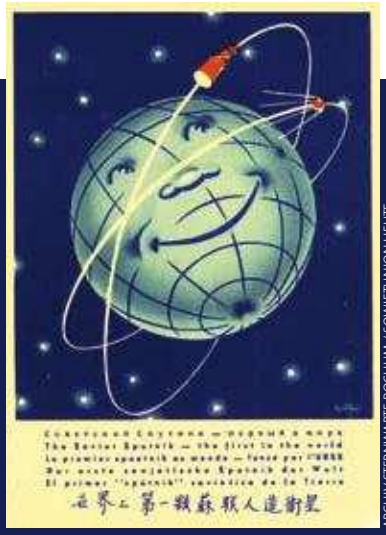
Überraschendes Aus

Obwohl das Orbiter-Wissenschaftlerteam – maßgeblich geprägt von Wernher von Braun – zielstrebig arbeitete und bereits im April 1955 mit der Planung der Startanlagen begann, ordnete der Präsident Mitte 1955 plötzlich die Beendigung des Projekts an! Und das, obwohl der Start des ersten amerikanischen Satelliten bereits auf den Spätsommer 1957 festgelegt war.

Die US-Regierung ließ das Projekt damals zu Gunsten des neuen Unternehmens Vanguard sterben. Dieses wurde von Anfang an großzügiger geplant und versprach aus damaliger Sicht eine größere wissenschaftliche Ausbeute. Dass jenes Umsatteln bald sehr unangenehme Folgen für die USA haben würde, konnte niemand voraussehen.

In den folgenden beiden Jahren wurde so viel über das amerikanische Vanguard-Programm gesprochen, dass kaum jemand daran dachte, irgendein anderes Land könne den Vereinigten Staaten auf dem Gebiet der Satelliten- und Weltraumforschung zuvorkommen. Daher die ungeheuerliche Überraschung darüber, dass der erste Satellit nicht Vanguard, sondern »Iskustwennij Sputnik Semli« – künstlicher Begleiter der Erde – hieß, und dass seine Trägerrakete nicht in Florida, sondern nördlich des Kaspischen Meers gestartet war. Die Amerikaner, die fest damit gerechnet hatten, als Weltraumpioniere in die Geschichte einzugehen, wurden plötzlich zu Nachzüglern degradiert.

Sputnik 1 war eine 83,6 Kilogramm schwere und 58 Zentimeter durchmessen-

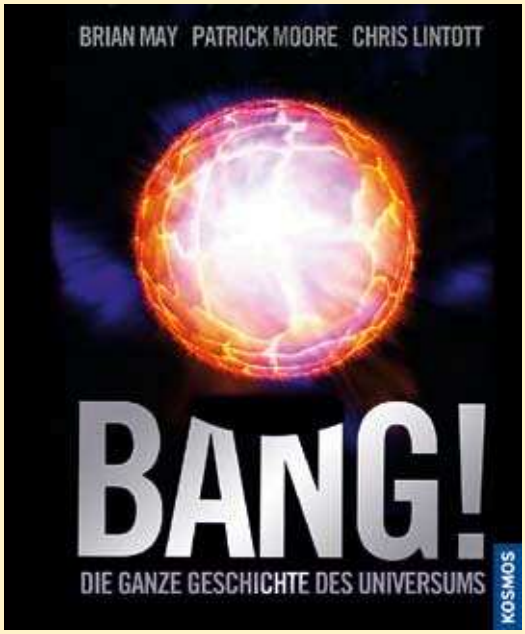


ARCHIV STERNWARTE BOCHUM / SOWJETUNION HEUTE

VIEL HYSTERIE

Im Kalten Krieg wurden Ereignisse wie der Sputnik-Start von beiden Lagern propagandistisch ausgeschlachtet – oft auf eine Weise, die im Rückblick lächerlich wirkt. Eher harmlos ist da noch diese russische Grußkarte, auf der steht: »Der erste sowjetische Sputnik der Welt«

Vom Urknall bis zum Ende des Universums



BANG! ist das Werk dreier außergewöhnlicher Autoren: **Queen-Gitarrist Brian May**, die britische TV-Legende Sir Patrick Moore und der junge Wissenschaftler Chris Lintott haben zusammen in mehr als zweijähriger Arbeit die dramatische Chronik des Kosmos verfasst. BANG! erzählt die ganze Geschichte des Universums – vom Urknall über die Entstehung der Sterne bis zum finalen Ende in ewiger Finsternis.

- Auf dem neuesten Stand der Wissenschaft
- Mit faszinierenden Fotos und brillanten Illustrationen
- Homepage: www.banguniverse.com

Brian May • Patrick Moore • Chris Lintott
BANG!
192 Seiten, ca. 200 Farbfotos und -illustrationen
€/D 29,90; €/A 30,80; sFr 53,–
ISBN 978-3-440-11125-3

www.kosmos.de

KOSMOS

ARCHIV HARRO ZIMMER / NPO ENERGIJA

ARCHIV AUSTRALIAN S&T

ARCHIV HARRO ZIMMER

DPA

Auch als es darum ging, die ersten Lebewesen in den Weltraum zu schicken, hatten die Sowjets die Nase vorn. Am 3. November 1957 – nur vier Wochen nach dem Start von Sputnik 1 – schossen sie die Hündin Laika auf eine Erdumlaufbahn (oben).

Sinnbilder für den Erfolg der frühen sowjetischen Raumfahrt: die Interkontinentalrakete R-7 (ganz oben rechts), »Mutter« der russischen Trägerraketen; Gagarins Raumschiff Wostok 1 (ganz oben links); Juri Gagarin, der erste Mensch im All (oben).

Mit Sputnik und **Teilen seiner Trägerrakete** hatten die Sowjets gleich drei Satelliten im Orbit

de Metallkugel. Eine mehrstufige Rakete schoss ihn in den Weltraum. Sein Starttermin, der 4. Oktober 1957, war nicht zufällig gewählt worden – in Barcelona eröffnete zwei Tage später der achte Internationale Astronautische Kongress. Pünktlich zum Tagungsbeginn verkündete Radio Moskau, dass nicht nur Sputnik 1 die Erde umkreise, sondern auch der Schutzkegel und die Endstufe der Trägerrakete. Damit besaß die Sowjetunion gewissermaßen drei Satelliten im Orbit.

Nach 96 Tagen im All, am 4. Januar 1958, stürzte Sputnik 1 ab. Er hatte die Erde mehr als tausendmal umkreist. Der Satellit war nicht nur der erste der Menschheit, sondern lieferte den Forschern auch Daten über die Dichte der Atmosphäre und ihre Temperatur. Die wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnisse ergaben sich durch indirekte Messungen seines Peilsignals. Insbesondere konnte aus der Abbremsung des Satelliten auf seiner Umlaufbahn entnommen werden, dass die Atmosphäre in großen Höhen dichter sein musste, als man bis dahin vermutet hatte.

Verbissenes Wettrennen

Die Amerikaner trösteten sich damit, dass sie den Vorsprung der Sowjets schnell aufholen würden, wenn sie erst einmal richtig an die Arbeit gingen und ihre bestehenden Pläne mit Nachdruck vorantrieben. Das geschah zwar, doch der Vorsprung der sowjetischen Raumfahrttechniker blieb weiterhin bestehen. Bereits am 3. November 1957 startete die Sowjetunion Sputnik 2 mit der Hündin Laika an Bord. Mit diesem Experiment konnten die Sowjets wertvolle biologisch-medizinische Erkenntnisse darüber

gewinnen, wie höhere Organismen auf die Bedingungen im Weltraum reagieren.

Die Vereinigten Staaten gerieten immer weiter ins Hintertreffen, wollten aber endlich aufschließen. Am 6. Dezember 1957 wagten sie ihren ersten Satellitenstart. Er scheiterte kläglich: Die am Cape Canaveral bereitgestellte Vanguard-Rakete explodierte, noch bevor sie überhaupt abgehoben hatte. Die Weltöffentlichkeit lachte darüber, und in Deutschland scherzte man: »Die UdSSR hat den Sputnik, die USA einen Kaputtnik!«

In dieser schwierigen Situation wurden die Wissenschaftler des »Orbiter-Projekts« beauftragt, sich auch in die Satellitenentwicklung einzuschalten. Die von ihnen konstruierte Jupiter-C-Rakete hatte schon 1956 einen suborbitalen Flug absolviert. In der Folgezeit gingen sie daran, die Jupiter C für einen Weltraumflug zu modifizieren, zugleich wurde ein 90 Zentimeter langer und 13,5 Kilogramm schwerer Satellit entwickelt. Ende Januar 1958 waren die Startvorbereitungen abgeschlossen. Zirka vier Monate nach dem Start von Sputnik 1 sollte nun auch für Amerika das Raumfahrtzeitalter beginnen.

ARCHIV STERNWARTE BOCHUM / SPIEGEL FEBRUAR 1958

Diese zeitgenössische »Spiegel«-Karikatur spielt darauf an, dass sich sowohl die USA als auch die UdSSR große Teile des deutschen Raketen-Knowhows aneigneten.

Am 31. Januar 1958 um 22.48 Uhr drückte Ernst Stuhlinger – ein enger Mitarbeiter Wernher von Brauns – in der Weltraumbasis Cape Canaveral auf den Startknopf, der die 22 Meter hohe, vierstufige Rakete zündete. Zwei Stunden später verkündete US-Präsident Eisenhower voller Stolz, dass

Besuchen Sie uns im Internet

Unser Online-Archiv enthält alle bisher erschienenen **astronomie heute**-Ausgaben. Hier können Sie nach einzelnen Artikeln recherchieren und diese für € 1,– als PDF-Dateien kaufen:
www.astronomie-heute.de/archiv

Sie können **astronomie heute** auch komplett als Online-Ausgabe abonnieren:

www.astronomie-heute.de/digitalabo

Der Podcast von **astronomie heute** und **Sterne und Weltraum** enthält aktuelle Nachrichten rund um Weltraumforschung und Amateurastronomie.

BILDERwelten: Hier finden Sie die besten Bildergalerien von **astronomie heute** – nach Themen gruppiert und ständig aktualisiert.

ASTROmovie: Sehen Sie die besten Filmsequenzen aus der Raumfahrt, von internationalen Forschungsmissionen sowie animierte Infografiken und Illustrationen.

Diese und weitere kostenlose Service-Angebote finden Sie unter

www.astronomie-heute.de

ARCHIV STERNWARTE BOCHUM

Sputniks Signalen lauschen:

Heinz Kaminski von der Volkssternwarte Bochum sitzt hier 1957 in seinem privaten Empfangsraum, um die Funkzeichen des sowjetischen Satelliten aufzuzeichnen. Er war der Erste in Westeuropa, der damit Erfolg hatte. Die Presse machte ihn bekannt und es erreichten ihn zahlreiche Fachanfragen.

der erste Satellit der amerikanischen Armee um die Erde kreiste. Er erhielt den Namen Explorer 1. Am 17. März 1958 gelang es dann schließlich auch der US-Marine mit ihrer Vanguard-Rakete, einen 1,5 Kilogramm schweren Minisatelliten mit zwei Funksendern ins All zu befördern. In den Vereinigten Staaten tröstete man sich fortan damit, dass die Sowjetunion zwar über die größeren Trägerraketen verfüge und damit schwerere Nutzlasten ins All schicken könne, dass aber die amerikanischen Satelliten technisch hochwertiger und wissenschaftlich leistungsfähiger seien.

Die Amerikaner trösteten sich damit, dass ihre Satelliten hochwertiger seien

Doch schon war der nächste Meilenstein der Raumfahrt in Sicht: die Beförderung eines Menschen auf eine Erdumlaufbahn. Hier wollten die Amerikaner den Sowjets unbedingt zuvorkommen; auf keinen Fall wollten sie noch einmal den zweiten Platz belegen. Aber nachdem sie auch darüber wieder sehr viel geredet hatten und – infolge einiger misslungener Experimente mit Affen – den Start immer wieder hinauszögern mussten, behielten die Sowjets schließlich auch hier die Nase vorn. Am 12. April 1961 flog Juri Gagarin mit seinem Raumschiff Wostok 1 als erster Mensch ins All (AH 9/2006, S. 18). Die DDR-Propaganda nutzte dieses Ereignis, um die US-Regierung zu verspotten: »Lasst die Schimpansen doch in Ruh, und lernt vor allem eins dazu: Im Weltraum siegt die SU!«

Als die US-Astronauten William Shepard und Virgil Grissom später als erste Amerikaner mit Mercury-Kapseln ins All geflogen waren, klammerte man sich im Westen an die Spekulation, dass Gagarins Flug womöglich nur simuliert worden sei. Doch im August 1961 umkreiste der sowjetische Kosmonaut German Titow die Erde gleich 17-mal und seine Funksprüche wurden 25 Stunden lang überall auf der Welt verfolgt. Nun ließ sich am sowjetischen Vorsprung in der Raumfahrttechnik nicht mehr zweifeln.

Die amerikanische Zeitschrift »Newsweek« machte das deutlich, als sie schrieb: »Es wäre für die Amerikaner trügerisch zu glauben, mit dem Mecury-Programm könnten sich die USA in der Raumfahrt auf eine Stufe mit den Russen stellen. Die nüchterne Wahrheit ist vielmehr, dass die von Shepard und Grissom benutzten Raumkapseln nicht mehr als ein ›Modell T‹ (Anm. d. Red.: eine Art VW Käfer von Ford) unter den Raumfahrzeugen sind.«

Die sowjetische Überlegenheit in der Raketen- und Raumfahrttechnik hielt noch lange an. Aus heutiger Sicht wurde sie erst 1969, mit der Landung von Apollo 11 auf dem Mond, von den USA gebrochen. <<

THILO ELSNER *leitet das Institut für Umwelt- und Zukunftsforschung / Sternwarte Bochum. Weil dort erstmals in Westeuropa Sputniks Signale empfangen wurden, interessiert ihn dieses Thema ganz besonders.*

ARCHIV HARRO ZIMMER

JAGD NACH REKORDEN

Auch die erste Frau im Weltraum flog für die Sowjetunion. Sie hieß Walentina Wladimirowna Tereschkowa und startete am 16. Juni 1963 mit dem Raumschiff »Wostok 6« zu einer dreitägigen Reise ins All. Später bekleidete sie hochrangige politische Ämter in der UdSSR.

SOMMER-NACHTSTRÄUME

Der Herbst mit seinen goldenen Blättern und stürmischen Nächten steht vor der Tür, doch die Erinnerungen an einen unvergesslichen Sommer bleiben. Tauchen Sie noch einmal ein in die Magie vergangener Abendstunden.

Schlaflose Sonne

Bei Temperaturen von fünf Grad im Schatten wartete der Norden Norwegens im Juni vergebens auf den Einbruch der Nacht. Gegen Mitternacht küsste die Sonne für kurze Zeit den blutroten Horizont bei den Lofoten, um daraufhin wieder höher zu steigen. Jeweils eine halbe Stunde liegt zwischen jeder der faszinierenden Aufnahmen, die später in Photoshop zu dieser beeindruckenden Montage verschmolzen.

>> Siegfried Bergthal

Versteckte Schönheiten

Von zarten Wolken umhüllt stand der Mond am 7. August zwischen den Sternen der Plejaden. Doch das Stelldichein dieser Schönheiten endete bald darauf, und Luna setzte ihre Reise über den nächtlichen Himmel fort. >> Werner Probst

Grüße aus der Vergangenheit

M106 liegt 24 Millionen Lichtjahre von uns entfernt und scheint hier doch so nah. Das Licht dieser Spiralgalaxie begann seine Reise, als auf der Erde gerade die Säugetiere ihren Siegeszug antraten. Dennoch erreichte es erst vor Kurzem die Kamera, die dieses Bild durch ein 16-Zoll-Teleskop aufnahm. >> Gabriele Gegenbauer

Licht über dem Horizont

In der Hochatmosphäre der Erde schweben immer wieder Eispartikel. Diese werden von der Sonne angestrahlt, selbst wenn sie unter dem Horizont steht. Dann sehen wir Leuchtenden Nachtwolken – wie hier über Bremerhaven am frühen Morgen des 26. Juni. >> Uwe Müller

Griechische Juwelen

Ein Sternfreund aus Athen schickte uns dieses Foto des offenen Sternhaufens NGC 457 im Sternbild Kassiopeia. Etwa achtzig Sterne drängen sich hier noch auf einem vergleichsweise kleinen Gebiet zusammen. Aber schon in einigen Millionen Jahren wird die Gruppe sich aufgelöst haben – nutzen Sie Ihre Chance, sie noch ein »letztes Mal« zu sehen!

>> Anthony Ayiomamitis

In trauter Dreisamkeit

Auch Galaxien sind nicht gern allein: Unterhalb der Hinterbeine des Löwen schimmern drei reizvolle kleine Welteninseln. M 65 (unten rechts), M 66 (unten links) und NGC 3628 (oben) zieren sich allerdings ein wenig und geben ihren Anblick dem gemeinen Volk nicht so leicht preis, stehen sie doch im Schatten des mächtigen Königs der Tiere. >> Mark Achterberg

Dämmerung im Mondlicht

Über dem Chiemgau strahlte unser aufgehender Trabant eindrucksvoll in tiefem Orange in der warmen Abendluft. Dabei tauchte er die dichten Wolken in alle Farben des Regenbogens. >> Verena Tießen

Machen Sie mit:

Schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos für unsere neue Online-Galerie! Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. Leider können wir nicht alle Einsendungen abdrucken, die uns erreichen. Besonders gute Chancen haben daher Aufnahmen von weniger bekannten Objekten, von reizvollen Konstellationen oder solche, zu denen es eine interessante Geschichte gibt.

Legen Sie die Bilder als JPEGs in der höchsten Auflösung mit dem unten angegebenen Formular auf unserem Server ab. Geben Sie dabei die Informationen über Teleskop, Kamera, Bildbearbeitung oder Aufnahmetechnik möglichst vollständig an. Verwenden Sie für Einsendungen bitte nur noch das Formular auf der Internetseite astronomie-heute.de/wunderdesweltalls.

PST! SONNENFOTO!

Eine Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Fotografie mit dem Sonnenfernrohr der Firma Coronado

VON SEAN WALKER

Das Personal Solar Telescope (PST) von Coronado ermöglicht seit einiger Zeit die Beobachtung der »Atmosphäre« unserer Sonne im tiefroten H-Alpha-Licht (Glossar S. 78), und das zu einem erschwinglichen Preis. Als ich zum ersten Mal eines dieser Geräte testen konnte, nahm ich auch ein paar Fotos durch das Okular auf. Sie zeigten sehr schön den relativ kleinen Bildbereich mit dem höchsten Kontrast. Das Teleskop leuchtet die Sonnenscheibe nämlich ungleichmäßig aus, außerdem sind Protuberanzen nur an einem Rand sichtbar und nicht an beiden gleichzeitig – über einen Einstellring muss der H-Alpha-Filter so gekippt werden, dass er das jeweilige Gebiet mit maximalem Kontrast zeigt. Dennoch weckten die Bilder meine Neugier, und ich entschied mich, das kleine Gerät auszureizen.

Dabei entdeckte ich, dass mit dem PST hervorragende Sonnenfotos möglich sind, wenn man ein paar Hindernisse ausräumt. Neben der ungleichmäßigen Ausleuchtung stört der geringe Spielraum beim Fokussieren. Das ist beim Beobachten kein Problem, allerdings lässt sich eine Spiegelreflexkamera nicht scharf stellen. Ich musste also durch das Okular fotografieren.

Meine Fotografien entstanden mit einer Canon PowerShot A85 – mit weiteren Kameras habe ich keine Versuche gemacht. Ich erwarb dafür im Fachhandel einen Fotoadapter, um die Kamera hinter meinem Zwanzig-Millimeter-Okular zu befestigen (Foto rechts).

Schritt 1: Aufbau

Mit einigen Versuchen ermittle ich eine ideale Belichtungszeit von 1/160stel Sekunde. Den Kamerafokus stelle ich auf unendlich und benutzte den optischen Zoom. Zum Scharfstellen verwende ich zusätzlich den digitalen Zoom sowie den Fokussierknopf des PST. Am besten orientieren Sie sich an Sonnenflecken oder anderen Details auf der Sonne. Das Ganze wird viel einfacher, wenn Sie einen Videomonitor an Ihre Kamera anschließen können. Auf dem größeren Bild finden Sie den besten Schärfepunkt leichter. Um auch feine Strukturen zu erkennen, werfe ich mir eine dunkle Decke über den Kopf und über die Kamera. Da das H-Alpha-Licht rein rot ist, benutze ich den Schwarz-Weiß-Modus meiner Kamera – mit Farbfotos funktioniert die Methode aber auch.

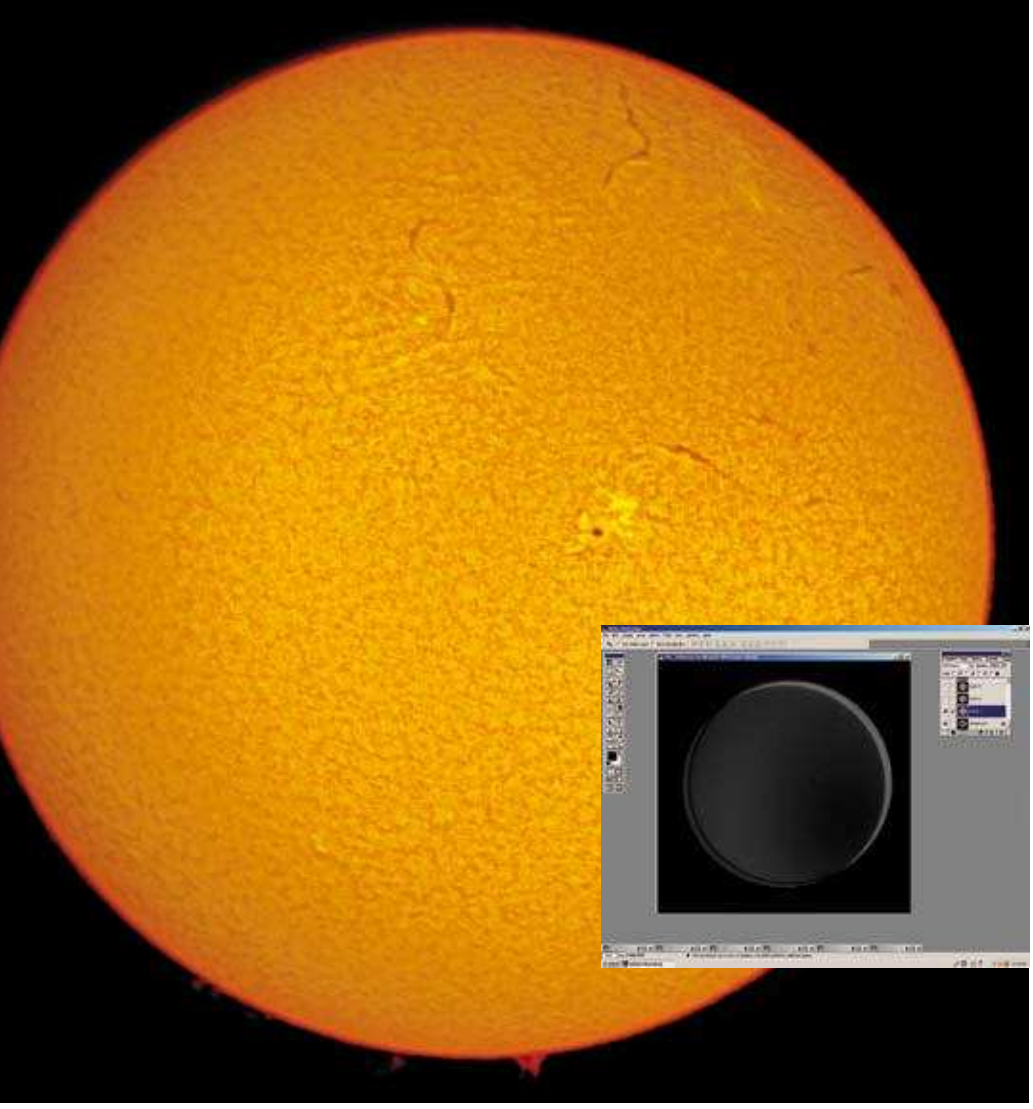
Schritt 2: Aufnahme

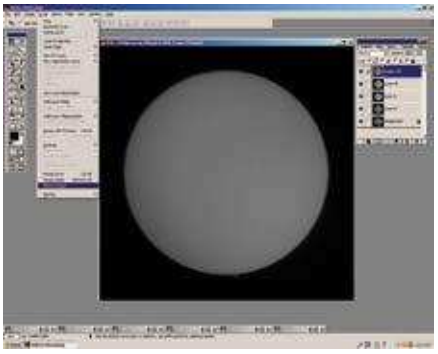
Wenn Kamera und Teleskop scharfe Bilder liefern, bleibt immer noch das Problem der ungleichmäßigen Ausleuchtung. Daher nehme ich stets eine Reihe von Fotos auf. Dabei verstelle ich den Filterring leicht, um von jedem Bereich der Sonnenscheibe eine kontrastreiche Aufnahme zu erhalten.

Das kompakte **Personal Solar Telescope** macht mehr möglich, als der erste Anschein vermuten lässt

ALLE FOTOS UND SCREENSHOTS: SEAN WALKER, S&T (SOFERN NICHT ANDERS ANGEGEBEN)

Kleines Fernrohr, große Wirkung: Obwohl das PST von Coronado nicht für die Fotografie ausgelegt ist, ermöglicht es dennoch beeindruckende Ergebnisse. Die meiste Arbeit steckt dabei in der Bildbearbeitung am PC – das eigentliche Fotografieren ist schnell erledigt.





Bis zum fertigen Bild (links) ist es ein langer Weg. Zuerst müssen Sie mehrere Aufnahmen machen und über die Differenzmethode zueinander ausrichten (unten links). Anschließend stellen Sie die Transparenz der Einzelbilder ein und führen die Ebenen zusammen (unten rechts), sodass die Details optimal hervortreten.

Anschließend kombiniere und mittle ich die Bilder am PC, um die Sonne gleichmäßig auszuleuchten. Dafür verwende ich zwischen drei und zwanzig Einzelbildern. Von jeder Einstellung nehme ich mindestens drei Bilder auf: So ist die Chance groß, dass wenigstens eines mit geringer Luftunruhe dabei ist.

Schritt 3: Bildauswahl

Sobald ich alle Bilder aufgenommen habe, überspiele ich sie auf meinen PC. Zum Ausrichten und Überlagern nutze ich RegiStax (registax.astronomy.net). Da nicht alle Bilder dieselben Details zeigen, findet RegiStax nicht überall Strukturen, an denen es sich orientieren kann. Dann richte ich die Bilder manuell in Photoshop aus.

Dazu öffne ich alle Bilder und verwerfe die schlechten. Die guten kopiere ich über das erste Bild der Reihe. Mit den Tastaturkürzeln geht das flott: Strg + A markiert das gesamte Bild, Strg + C kopiert die Auswahl und Strg + V fügt sie ein. Wenn ich alle guten Aufnahmen in einem Bild habe, speichere ich es als Photoshop-Datei.

Schritt 4: Ausrichten

Um die einzelnen Aufnahmen (»Ebenen« im Photoshop-Jargon) auf das ursprüngliche Bild (»Hintergrund« in der Ebenenpalette) auszurichten, blende ich jede Ebene bis auf Ebene 1 und Hintergrund aus, indem ich auf das Icon mit dem Auge links der jeweiligen Ebene klicke. Nun stelle ich den Überblendmodus von »Normal« auf »Differenz«. Dadurch verschwinden identische Bereiche, während Unterschiede hervorgehoben werden. Für die Grobausrichtung benutze ich das Werkzeug »Verschieben« und für die Feineinstellung die Pfeiltasten der Tastatur. Sobald alles passt, stelle ich den Überblendmodus von Ebene 1 wieder auf »Normal«. Diese Prozedur wiederhole ich, bis alle Ebenen ausgerichtet sind, und speichere dann die Datei.

Schritt 5: Rauschreduzierung

Jetzt werden diese Ebenen gemittelt, um alle enthalten Strukturen zu kombinieren und das Signal-zu-Rausch-Verhältnis zu verbessern. Beim Überlagern von Bildern wird zufälliges Rauschen verringert, wäh-

SICHER IST SICHER

So faszinierend die Sonne ist, so gefährlich ist sie auch: Beobachten Sie daher nie ohne geeigneten, einwandfreien Filter. Benutzen Sie bitte nur Objektivfilter und keine Filter, die in das Okular geschraubt werden – Letztere können durch die Hitze in der Nähe des Brennpunkts platzen. Decken Sie auch den Sucher ab!

rend überall vorhandene Details deutlicher erscheinen. In Photoshop funktioniert das am besten, wenn Sie die Transparenzeinstellung der einzelnen Ebenen schrittweise ändern, abhängig von ihrer Lage im »Bilderstapel«. Die Faustregel für die jeweilige Deckkraft lautet dabei, dass sie einhundert geteilt durch den Platz im Stapel entsprechen soll. Die Hintergrundebene erhält also eine Deckkraft von einhundert Prozent, Ebene 1 (die zweite im Stapel) fünfzig Prozent, Ebene 2 nur noch 33 Prozent und so weiter. Bei mehr als etwa zwanzig Einzelbildern kann ich bei dieser Technik keine Verbesserung mehr erkennen. Wenn ich so weit bin, führe ich alle Ebenen zusammen und speichere das Ergebnis unter neuem Namen als unkomprimiertes Tiff-Bild.

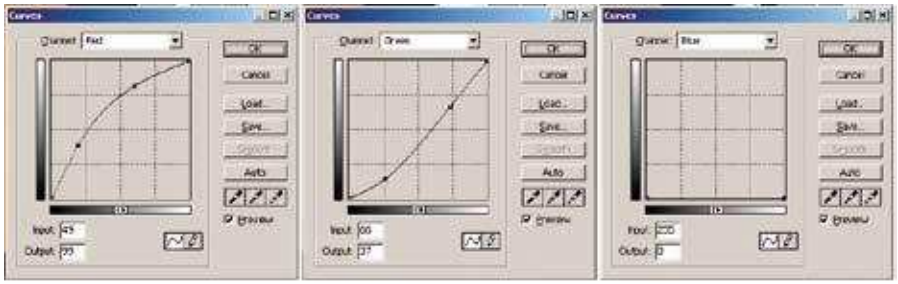
Schritt 6: Details

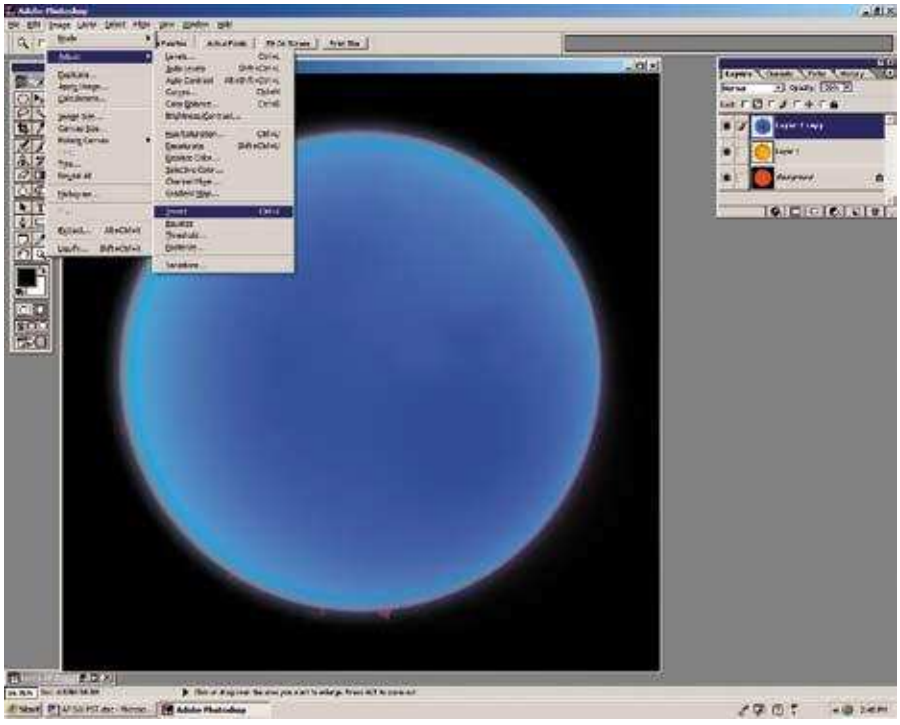
Nun habe ich ein fertig überlagertes und gemitteltes Bild mit einer relativ gleichmäßig ausgeleuchteten Sonne und es ist an der Zeit, den Kontrast zu erhöhen und die Details besser herauszuarbeiten. Im Fenster »Gradationskurven« verschiebe ich die Kurve so, dass die Oberflächendetails mit hohem Kontrast dargestellt werden. Dabei verschwinden die Protuberanzen in der Regel, daher speichere ich das Ergebnis unter einem neuen Namen wie Scheibe_Gradation.tif. Anschließend bearbeite ich das Originalbild erneut, stelle diesmal aber die Gradationskurven so ein, dass die Protuberanzen hervorgehoben werden. Diese Version speichere ich als Protuberanzen_Gradation.tif. Die beiden Bilder öffne ich dann in RegiStax, wo ich sie mit dem exzellenten Wavelet-Filter bearbeite. Ich ziehe diese Technik der »Unscharfen Maske« von Photoshop vor, da RegiStax mehr Einstellmöglichkeiten bietet. Wenn ich mit dem Ergebnis zufrieden bin, speichere ich die beiden Bilder als Bitmap (.bmp) und öffne sie in Photoshop.

Ich beginne mit dem Bild der Sonnenscheibe und dem Befehl »Farbbereich auswählen« aus dem Menüpunkt »Auswahl«. Mit dem Pipettenwerkzeug und gedrückter Shift-Taste klicke ich verschiedene Bereiche des Himmels an, bis im Vorschaufenster der Hintergrund vollständig weiß erscheint und die Sonne vollständig schwarz. Dann übernehme ich die Auswahl mit »OK«. Damit habe ich einen Rahmen rund um die Sonne, allerdings ist der Abstand noch etwas zu groß. Über den Menüpunkt Auswahl > Auswahl verändern > Erweitern vergrößere ich den markierten Bereich um etwa vier Pixel – dadurch wird der Kreis rund um die Sonne verkleinert. Über Auswahl > Weiche Auswahlkante wird der Rand etwas weicher. Zwei Pixel sind hier ein sinnvoller Wert. Anschließend kopiere ich die Auswahl und füge sie in mein Protuberanzenbild ein. Meistens muss ich dann Sonnenscheibe und Protuberanzen erneut aufeinander ausrichten.

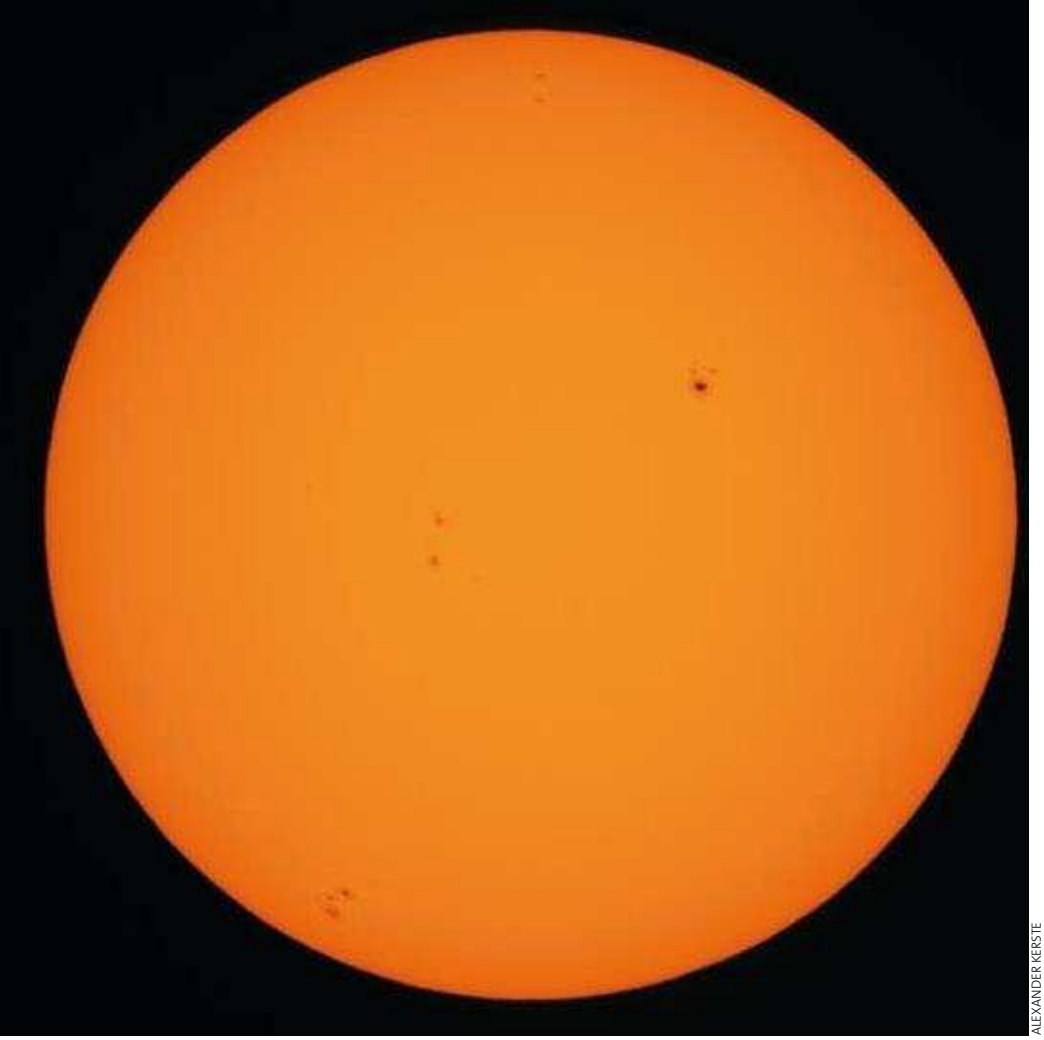
Schritt 7: Feinschliff

Ich habe nun bereits ein gutes Bild der Sonne – fehlt nur noch der Feinschliff. Durch einen H-Alpha-Filter erscheint die Sonne eintönig rot, mir gefallen bunte Bilder jedoch besser. Ich bevorzuge eine Palette aus Rot-, Orange- und Gelbtönen, wodurch kontrastierende Details deutlicher erscheinen als bei einer realistischen, rein roten Darstellung. Dazu wandle ich das Bild von





Als einen der letzten Schritte stellen Sie die Helligkeit von Sonnenscheibe und Protuberanzen ein (ganz unten). Mit den »Gradationskurven« (»Curves«) können Sie die Rot-, Grün- und Blauwerte ändern und das Bild nach Ihrem Geschmack einfärben (unten).



ALEXANDER KERSTE

So kennen wir die Sonne: Ohne H-Alpha-Filter sind in der Regel nur die Sonnenflecken zu erkennen – das grelle Licht überstrahlt zarte Strukturen wie die Protuberanzen.

Graustufen in das RGB-Format um und stelle die Farbkanäle über die Gradationskurven ein. Zuerst wähle ich die Ebene mit den Protuberanzen aus. Über Bild > Anpassen > Gradationskurven stelle ich den Blaukanal auf null, senke den Mittelpunkt der grünen Kurve und drehe den Rotkanal so hoch, dass die Protuberanzen feuerrot leuchten. Die Ebene mit der Sonnenscheibe bearbeite ich etwas anders: Der Blaukanal wird wieder auf null gesetzt, den Mittelpunkt der roten Kurve hebe ich etwas an und die grüne verschiebe ich so, dass die Sonne ein orangefarbener Ball mit rötlichen Filamenten wird.

Wenn ich mit der Farbeinstellung zufrieden bin, verringere ich noch die Randverdunkelung der Sonnenscheibe. Dazu erstelle ich eine weitere Ebene mit der Sonnenscheibe über das Menü Ebene > Ebene duplizieren. Ich benutze den Kopierstempel, um auffällige Oberflächenbereiche durch ähnlich gefärbte Bereiche aus der Umgebung zu ersetzen, bis ich ein Bild ohne größere Strukturen habe. Anschließend lasse ich einen Gauß'schen Weichzeichner mit einem Radius von 25 Pixeln über das Bild laufen, sodass auch kleinere Strukturen verschwinden. Übrig bleibt lediglich eine verwaschene Fläche, die vor allem die Oberflächenhelligkeit zeigt, die ich anpassen will. Auf diese Ebene wende ich den Befehl Bild > Anpassen > Umkehren an, um ein Negativbild der Helligkeitsverteilung zu erhalten. Die Randverdunklung verringere ich schließlich noch auf ein akzeptables Maß, indem ich den Überblendmodus von »Normal« auf »Überlagern« ändere und die Transparenz auf fünfzig Prozent einstelle. Jetzt kann ich die Ebenen verschmelzen und das Endergebnis speichern – fertig.

Die beschriebenen Techniken können Sie auch mit einigen anderen Programmen nachvollziehen. Mit Photoshop komme ich meist in weniger als einer Stunde von den Rohbildern zum Endergebnis.

Diese Methode erlaubt Ihnen mit einem recht geringen Budget eindrucksvolle H-Alpha-Aufnahmen zu erstellen. Und anders als bei der nächtlichen Fotografie haben Sie keine schlaflosen Nächte! <<

SEAN WALKER *verbringt bei klarem Himmel seine Mittagspausen häufig mit einem schwarzen Tuch über dem Kopf.*

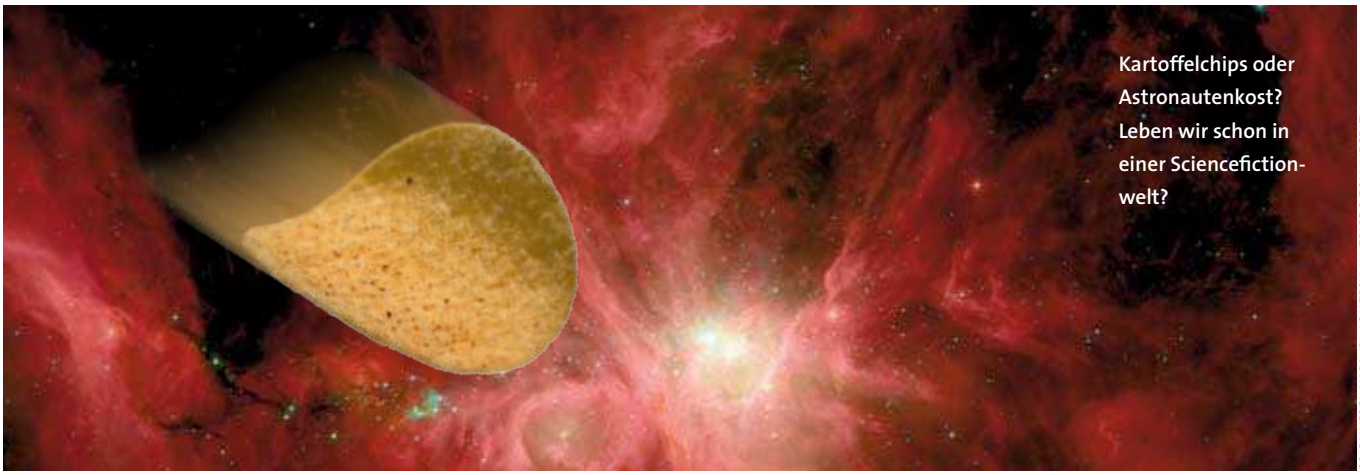
Glossar

> *WEISSLICHT* **besteht aus allen Regenbogenfarben. Sein Ursprung ist die glühende Sonnenoberfläche, die so genannte Fotosphäre. Eine Finsternisbrille oder ein Teleskop mit einem geeigneten Filter zeigt daher die Sonnenoberfläche in blendendem Weiß. Manche Filter färben sie auch gelb ein wie im Bild links.**

> *H-ALPHA-LICHT* **stammt von fluoreszierenden Wasserstoffatomen in der »Sonnenatmosphäre« (der Chromosphäre) und hat eine ganz bestimmte Wellenlänge. Engbandige H-Alpha-Filter lassen nur dieses tiefrote Licht durch.**

Wenn Sie dagegen das Licht der Sonne mit einem Prisma in seine Spektralfarben zerlegen, erscheint H-Alpha als dunkle Linie, da diese Strahlung viel schwächer ist als die der Sonnenoberfläche.

> *DEEP-SKY-FILTER* **für H-Alpha lassen viel mehr Licht durch und sind nur für den Nachthimmel geeignet, jedoch nicht für die Sonne.**



Kartoffelchips oder Astronautenkost? Leben wir schon in einer Sciencefiction-welt?

ORIONNEBEL: NASA, JPL / CALTECH / U. TOLEDO, TOM MEGEATH; CHIP: HERBIE / FOTOLIA; BEARBEITUNG: AH

Sciencefiction –

Ende eines Genres?

Als ich mir neulich den SF-Klassiker »Lautlos im Weltraum« (»Silent Running«, USA 1972) ansah, hörte ich den ökologisch korrekten Helden in der Raumschiffkantine seine Kollegen schelten: »Seht euch den Dreck an: trockener, synthetischer Mist! Und ihr seid davon so abhängig geworden, dass ihr nicht mehr ohne das Zeug leben könnt!« Schuldbewusst blickte ich zur Chipstüte, denn ich fühlte mich ertappt. Woraus Kartoffelchips gemacht sind, weiß niemand, nur, dass sie zu viel Acrylamid enthalten.

Heute ernähren sich Astronauten immer gesünder und die Menschen zunehmend synthetischer. Leben wir also in einer Welt, wie sie sich die Filmemacher 1972 vorstellten – einer SF-Welt?

Dank unseres Bundesinnenministers verstärkt sich dieser Eindruck: Seine Überwachungsfantasien lassen uns im Jahr 2007 in George Orwells »1984« ankommen. Und auch wenn wir, spätestens seit Microsoft, Computer nicht mehr für unfehlbare Elektronengehirne halten, die nur wie der legendäre Rechner HAL 9000 aus »2001: Odyssee im Weltraum« an menschlicher List scheitern können, beherrschen sie unseren Alltag doch genau so wie HAL das Raumschiff Discovery. Ja, wir leben in einer SF-Welt!

Die Herausgeber des Jahrbuchs »Das Science Fiction Jahr 2007« sehen darin ein großes Problem: »Wie steht es mit dem Anspruch von Sciencefiction, Zukunftsszenarien zu entwerfen, wenn sich unsere Umwelt langsam, aber stetig in eine SF-Umgebung verwandelt?«

Früher war es die Aufgabe guter Sciencefiction, nicht nur das Auto vorherzusagen, sondern auch den Verkehrsstau. Heute haben wir eine institutionalisierte Technikfolgenabschätzung, ein Embryonenschutzgesetz, das uns vor geklonten Menschen schützt, und immer feinere Klimaprognosen, welche die ökologische Apokalypse detaillierter beschreiben als so mancher Öko-SF-Thriller. Auch die Weltraum-SF ist fest in der Hand von Nasa und Esa. Fast jede Pressemeldung über einen neu entdeckten Exoplaneten ist mit einer fantasievollen Darstellung illustriert, als ob die Entdecker wüssten, wie es da aussieht. Die Zukunft ist also allgegenwärtig. So gesehen bedeutet das Ende des Genres letztlich seine Ankunft mitten in der Gesellschaft.

Doch wie lebendig die SF-Kultur immer noch ist, belegt das Jahrbuch selbst: ein 1363 Seiten dicker Band voller Rezensionen, Film- und Computerspielkritiken. Solange der Heyne-Verlag Jahr für Jahr genügend Begeisterte findet, muss uns um das Weiterbestehen des Genres nicht bange sein.

Letztlich ist Sciencefiction Unterhaltung, die durch ihren »Feel-good-Faktor« bestimmt wird. Da muss ich mich auch nicht schämen, wenn ich nebenher Kartoffelchips futtere. <<

***STEFAN TAUBE** ist Buchhändler und SF-Fan.*

AH

ÖKOLOGISCH KORREKT
Der SF-Filmklassiker »Silent Running«

BLICK IN DIE ZUKUNFT
SF anno 2007: 1363 Seiten aus dem Heyne-Verlag

= bedingt empfehlenswert = empfehlenswert = sehr empfehlenswert

FLUCHT ZUR VENUS

Mark Brandis' Abenteuer jetzt zum Hören

Nikolai von Michalewsky
MARK BRANDIS – BORDBUCH DELTA VII
Hörbuch (62 Minuten), Steinbach Sprechende Bücher, Schwäbisch Hall 2007
ISBN 9783886989188
10 €

Manchen Lesern sind die Mark-Brandis-Bücher vielleicht ein Begriff. Mit ihnen erreichte der deutsche Autor Nikolai von Michalewsky in den 1970er Jahren seinen größten Bekanntheitsgrad. Die Mark-Brandis-Serie gilt als eine der erfolgreichsten deutschen Sciencefiction-Buchreihen. Nun hat der Verlag Steinbach Sprechende Bücher den ersten Band davon zu einem Hörspiel verarbeitet.

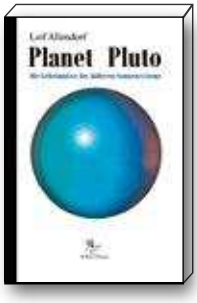
Die Handlung: Im Jahr 2119 absolviert eine Raumschiff-Crew, darunter der Pilot Mark Brandis, einen mehrwöchigen Testflug mit dem Prototypen Delta VII – einem Raumschiff mit revolutionär schnellem Antrieb. Bei ihrer Rückkehr zur Erde stellt die Besatzung fest, dass dort ein skrupelloser General die demokratische Regierung beseitigt und die Macht an sich gerissen hat. Die Crew wird verhaftet, kann aber in ihrem Raumschiff zur Venus fliehen, die von Menschen besiedelt ist. In einer waghalsigen Rettungsaktion befreit die Mannschaft den gestürzten Präsidenten, der schließlich auf der Venus eine unabhängige Republik ausruft.

Das Hörspiel bietet wenig Neues. Akteure und Handlungsaufbau – schnelle Raumschiffe, Lasergefechte, aufrechte Freiheitskämpfer – und seine deutliche Prägung durch angloamerikanische Einflüsse entsprechen den üblichen Sciencefiction-Stereotypen. Die Geschichte ist überschaubar, in ähnlicher Weise schon oft erzählt worden und hält wenige Überraschungen bereit.

Eingefleischte Sciencefiction-Liebhaber bewegen sich mit »Mark Brandis – Bordbuch Delta VII« auf wohlvertrautem Terrain und können mit dem Kauf der CD nicht viel falsch machen. Wer jedoch visionäre Geschichten sucht, die anspruchsvoll, packend und aufwühlend sind, sollte sich lieber an Autoren wie Stanislaw Lem halten. *>> Frank Schubert*

PLUTO AUF ABWEGEN

Aus dem Leben eines frisch gebackenen Zwergplaneten



Leif Allendorf
PLANET PLUTO
Die Geheimnisse des äußeren Sonnensystems
Avinus Verlag, Berlin 2007
96 Seiten
ISBN 9783930064762
14,90 €

Größenvergleich des nur 2360 km großen Pluto mit dem europäischen Kontinent

fen einen Schatten auf den Gasriesen, der sich selbst mit Amateurteleskopen beobachten lässt. Aber Pluto ist einfach zu klein. Wie klein er tatsächlich ist, war zu dem Zeitpunkt noch gar nicht bekannt. Heute wissen wir, mit seinen 2360 Kilometern Durchmesser würde seine Scheibe gerade mal Mitteleuropa umschließen. Sein Umfang entspricht einem Kreis, der Kopenhagen im Norden, Tunis im Süden, Lissabon im Westen und Budapest im Osten einschließen würde.

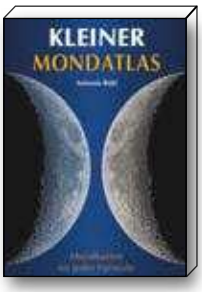
Gemessen an seiner Entfernung zur Erde ist das so, als würde man eine Walnuss aus 50 Kilometer Entfernung beobachten, so der Astronom Alan Stern vom Southwest Research Institute in Texas. Das Bild dieser kosmischen Walnuss wird durch die winzigste Lufbewegung verwischt. Das von Pluto reflektierte

31

Der Wirbel um die wissenschaftlich korrekte Einstufung Plutos hat nun auch den Buchmarkt erreicht. Denn mit Leif Allendorfs »Planet Pluto« bereichert nun eine gelungene Zusammenstellung des aktuellen Kenntnisstands zum frischgebackenen Zwergplaneten das Angebot.

Der Berliner Journalist erzählt die Geschichte von Plutos Entdeckung am Lowell Observatory durch den zum Profi-Planetenjäger aufgestiegenen Hobbyastronomen Clyde Tombaugh. Er schildert die vielen Irrwege bei der Erforschung des zunächst als »Planet X« bezeichneten Himmelskörpers und geht auf neuere Entwicklungen wie die Entdeckungen im Kuiper-Gürtel und die 2006 gestartete Raumsonde »New Horizons« ein. Es ist gerade diese Mischung aus historischen Details und der populären Darstellung aktueller Forschung, die das schmale Bändchen lesenswert macht.

Grundlegende Informationen, etwa zur Entstehung des Sonnensystems, helfen dem nicht so sattelfesten Leser bei der Einordnung der Thematik. Aber auch engagierten Amateuren bietet Allendorf durchaus neue Einsichten. Schade nur, dass der Autor nicht auf die Amateurbeiträge zur Erforschung von Plutos Gashülle eingeht. Die gemeinsamen Beobachtungen von Profis und Amateuren bei Sternbedeckungen des Kleinplaneten sind Beispiele für gelungene Kooperationen – ein spannender Stoff, der dieses Taschenbuch noch weiter aufgewertet hätte. *>> Thorsten Dambeck*



Antonín Rükl
KLEINER MONDATLAS
Mondkarten für jedes Fernrohr
Oculum-Verlag, Erlangen 2007
32 Seiten, 16 Kartentafeln, 51 Fotos und Grafiken
ISBN 9783938469163
12,90 €

HANDBUCH FÜR MONDSÜCHTIGE

Standardwerk mit gezeichneten Mondkarten wieder aufgelegt

Es gibt zwei Möglichkeiten, einen Atlas unseres Trabanten zu gestalten: zum einen anhand von Fotografien, die den Anblick für jedes Mondalter zeigen, zum anderen mit Zeichnungen, die die Oberflächendetails trotz der täglich wechselnden Schattenwürfe realistisch darstellen.

Jede Karte gibt einmal um 180 Grad gedreht und einmal spiegelverkehrt wieder, was dem Anblick in einem Newtonteleskop beziehungsweise in einem Refraktor mit Zenitprisma entspricht.

Die Qualität der Darstellung steht der des großformatigen Vorgängers in nichts

Letzterer Methode bediente sich der seit Langem vergriffene »Rükl«, der noch heute einen sehr guten Ruf genießt.

Der nun erschienene »Kleine Mondatlas« desselben Autors setzt Stil und Tradition fort, allerdings in einem wesentlich kleineren Format. Durch die robust laminierten, Wasser abweisenden und spiralgebundenen Seiten ist das 24 mal 17 Zentimeter große Buch für den Einsatz am Teleskop hervorragend geeignet.

Auch wenn es unseren Trabanten nur auf acht Karten darstellt, ist das handliche Büchlein doch ein unverzichtbarer Begleiter für Ausflüge mit dem Teleskop.

nach. Die Libration des Monds, also seine scheinbare Verdrehung, ist berücksichtigt. Daher zeigen die Karten mehr als eine Hälfte der Mondoberfläche – und somit alles, was von der Erde aus beobachtet werden kann. Einige Detailkarten beschreiben darüber hinaus interessante Besonderheiten der Mondtopografie. Eine prägnant geschriebene Einführung und ein Stichwortindex runden das Buch ab.

Seit Langem ist endlich wieder ein hochwertiger, gezeichneter Mondatlas zu einem günstigen Preis erhältlich – für Mondsüchtige hat das Warten also ein Ende!

>> *Alexander Kerste*

Alle rezensierten Bücher, CD-ROMs und DVDs können Sie in unserem Science-Shop bestellen:
Internet: www.science-shop.de / per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841 / per Fax: 06221 9126-869

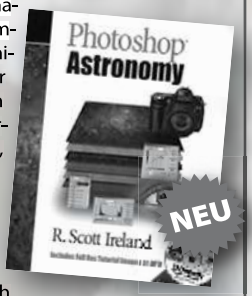
Atlas der Messier-Objekte

Eine gelungene Mischung aus Beobachtungshilfe und Bildband. Das großzügige Format und die aufwändige optische Gestaltung machen die Lektüre zu einem echten Genuss! Eine derartig umfangreiche und vollständige Darstellung zu den Messier-Objekten hat es bisher in deutscher Sprache noch nicht gegeben. Die Beschreibung zu den Objekten gliedern sich in die Abschnitte Historie, Astrophysik und Beobachtung. Gleichgültig ob das Interesse eher historisch, theoretisch oder praktisch ausgerichtet ist, kommt jeder mit diesem Buch auf seine Kosten.

€ 59,90

Photoshop Astronomy

Der Autor arbeitet seit fast 10 Jahren mit Photoshop, um seine Astrofotos zu bearbeiten. Die dabei gemachten Erfahrungen hat er in diesem speziell auf die Bedürfnisse des Amateurastronomen zugeschnittenen Buch gesammelt. Die behandelten Themen sind unter anderem: die technische Ausstattung, Farbmanagement, Histogramme, Maskierungstechniken, Addition mehrerer Bilder, Korrektur von Vignettierungen, korrektur von Farbhalos, Deformationen oder überbelichteten Sternen, LRGB und vieles mehr. Auf der beigefügten DVD befinden sich alle im Buch besprochenen und verwendeten Beispielbilder.



€ 39,90

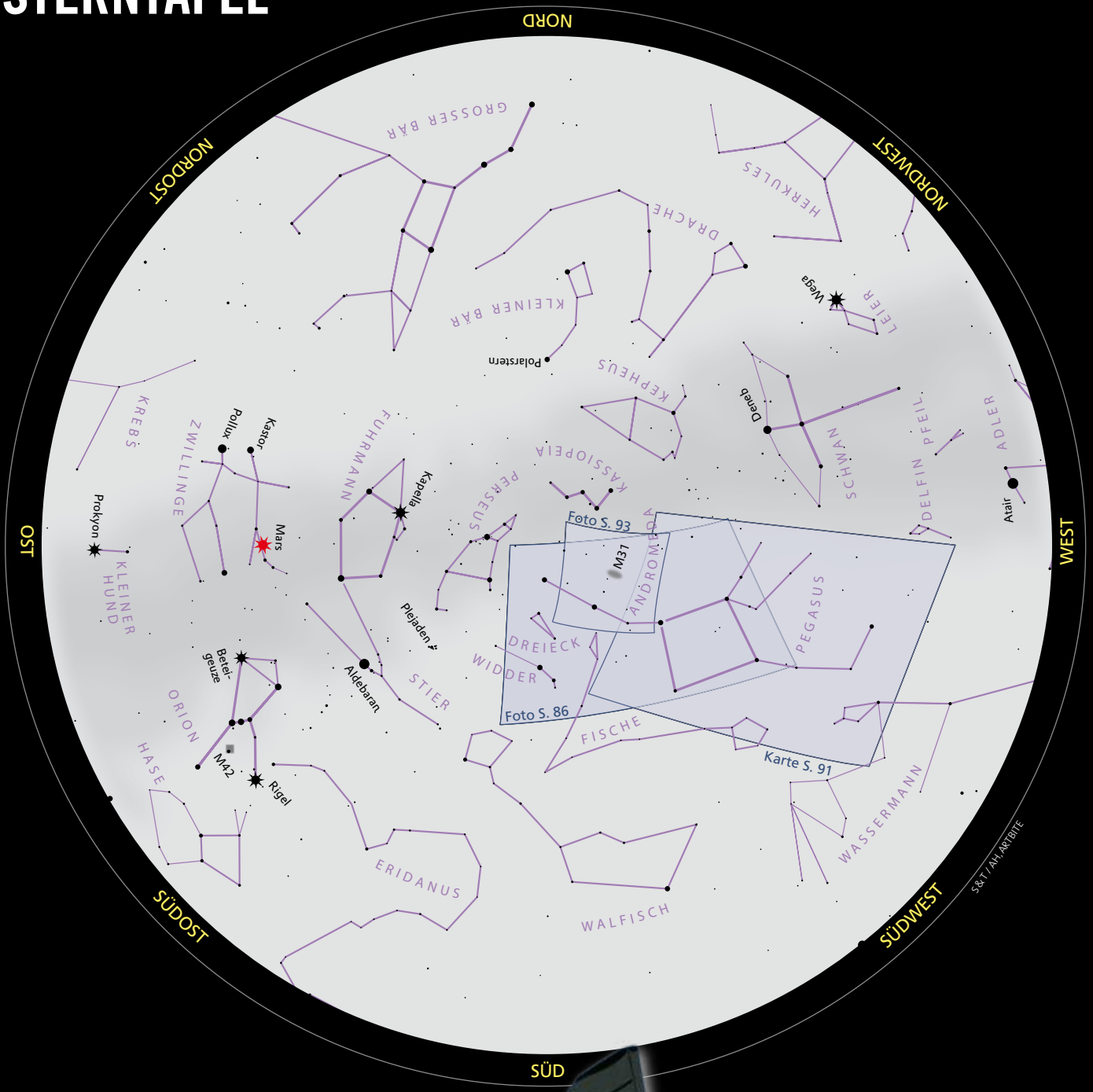
Astronomik UHC-E

Diese neue Variante des UHC-Filters ist eine günstige Ergänzung unseres Angebotes. Gegenüber dem Profi UHC-Filter ist die Halbwertsbreite etwas größer, die Transmission etwas geringer (typisch 94% gegen 98%). Dadurch liefert etwas weniger kontrastreiche Bilder an größeren Fernrohren. Durch seine Eigenschaften können wir den UHC-E-Filter als preiswerte Alternative für Geräte bis 15cm Öffnung empfehlen.

ab € 65,00

astro-shop
Eiffestr. 426 • 20537Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
www.astro-shop.com/ahoi

STERNTAFEL



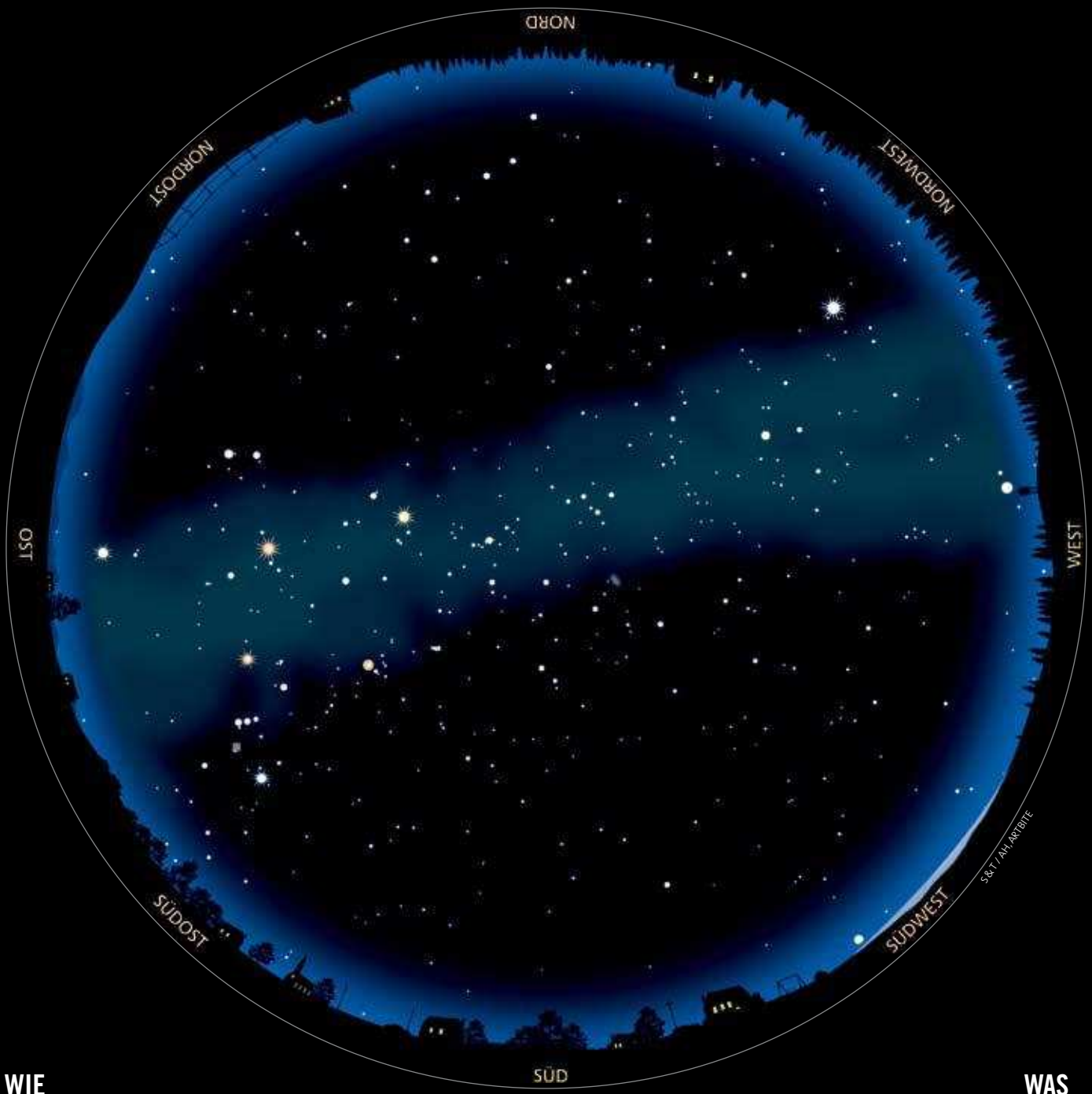
WANN

Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

Ende September:	3 Uhr°
Ende November:	22 Uhr*
Ende Januar:	18 Uhr*

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

AH, SIGANIM



WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmelsausschnitt, der sich Ihnen zu den in der Leiste (ganz oben) angegebenen Uhrzeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder, die Namen der hellen Sterne und Fotos oder Detailkarten in diesem Heft. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen direkt über dem Horizont. Die im Zentrum dargestellten Sterne befinden sich genau über Ihnen – im Zenit.

WAS

Das Sommerdreieck aus Wega, Atair und Deneb geht gerade im Nordwesten unter. Auch das Herbstviereck von Pegasus und Andromeda neigt sich bereits dem Horizont entgegen. Die Region um Perseus und Kassiopeia dagegen steht jetzt im Zenit. Östlich davon prangen schon die meisten Wintersternbilder mit Mars in den Zwillingen.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Alpennähe sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

Der hellste Stern der Andromeda – Alpheratz, auch Sirrah genannt – markiert die linke obere Ecke des Herbstvierecks.

FOTO: ECKHARD SLAWIK

STAU AUF DER EKLIPTIK

Zwei Planeten, der Mond und ein Stern treffen im Sternbild Löwe aufeinander.

VON KEN HEWITT-WHITE

Der Oktober ist wieder einer dieser Monate, in denen sich am Himmel ein Wandel vollzieht. Nehmen Sie die Milchstraße: Nach Mitternacht spannt sie sich von Westnordwest nach Ostsüdost.

Wenn Sie Ihren Beobachtungsabend zeitig beginnen, stehen die Sternbilder Herkules und Pegasus noch hoch am Himmel. Das geflügelte Pferd wartet mit einem grandiosen Kugelsternhaufen auf, dem wir den nachfolgenden Artikel (S. 88) gewidmet haben. Wir wenden uns deshalb jetzt nach Osten, an die linke obere Ecke des Herbstvierecks (Foto oben). Dieser Stern, Alpheratz oder Sirrah genannt, gehört bereits zum nächsten Sternbild, der Andromeda. Er strahlt minimal heller die anderen Lichtpunkte in dieser Region, zählt deshalb als Hauptstern der Konstellation und heißt aus diesem Grund Alpha Andromedae (α And).

Doch es sind nicht die Sterne, für die Andromeda berühmt ist, sondern die gleichnamige Galaxie, auch bekannt als M31. Sie ist das nächste und hellste Sternsystem an unserem Himmel. Bei guten Bedingungen können Sie sie schon mit bloßem Auge als verwaschenen Fleck ausmachen. Kaum ein Sternfreund dürfte seinen Beobachtungsabend ohne einen Blick auf den großen Andromedanebel beschließen – ganz gleich ob mit Feldstecher oder Fernrohr. Mehr dazu auf S. 93.

Planeten im Oktober

Jupiter steht Anfang des Monats mit –2. Größe in der Abenddämmerung tief im Südwesten und geht keine drei Stunden

KALENDER

- **4.10.** Merkur in Halbphase
- **7.10.** Mond, Saturn und Venus bei Regulus
- **12.10.** Merkur wird retrograd
- **15.10.** Mond bei Jupiter und Antares
- **22.10.** Maximum der Orioniden-Meteore
- **24.10.** Merkur in Konjunktion
- **27.10.** Mond bedeckt Plejaden, Venus in Halbphase
- **28.10.** Ende der Sommerzeit, Venus größte westl. Elongation
- **30.10.** Mond bei Mars

nach der Sonne unter. Zum Monatsende sinkt er schon kurz nach Dämmerungsende zum Horizont hinab.

Mars erscheint in der ersten Oktoberwoche rund eine Stunde vor Mitternacht. Er lässt den Stier (»Taurus«) hinter sich und tritt in die Zwillinge (»Gemini«) ein. In den Stunden vor der Morgendämmerung des 3. und 4. Oktober können Sie beobachten, wie Mars an M 35 vorbeiläuft. Ein Weitwinkelteleskop oder Feldstecher erfasst den Roten Planeten knapp ein dreiviertel Grad vor den südlichen Ausläufern des Sternhaufens. Bis Ende Oktober wächst Mars auf –0,6te Größe an und geht dann bereits gegen 22 Uhr (Sommerzeit) auf. Sein zunehmend gewölbtes Planetenscheibchen von zwölf Bogensekunden ist ein kleines, aber immer verlockendes Ziel fürs Fernrohr.

Saturn kommt dagegen nur auf 0,8te Größe, doch sein majestätisches Ringsystem verhilft ihm zu 37 Bogensekunden Spannweite und ist allgemein Lieblingsziel im Teleskop. Am 31. kommt der Ringplanet bereits fünf Stunden vor der Sonne zum Vorschein.

Venus beginnt den Monat als Nachbarin von Saturn und Regulus im Löwen (»Leo«, Grafik rechts). Der Ringplanet befindet sich weniger als vier Grad östlich des »kleinen Königs«, Venus sechs Grad westlich. Sie geht mit blendender –4,4ter Größe im Ostnordosten auf, lange bevor das morgendliche Zwielicht hereinbricht.

Am 9. Oktober passiert sie Regulus und verzieht das rechtwinklige zu einem gleichschenkligen Dreieck. Am 11. wird es gleichseitig und am 13. wieder gleichschenklig. Zwei Tage später zieht Venus am Ringplaneten vorbei, und das Verkehrschaos hat ein Ende.

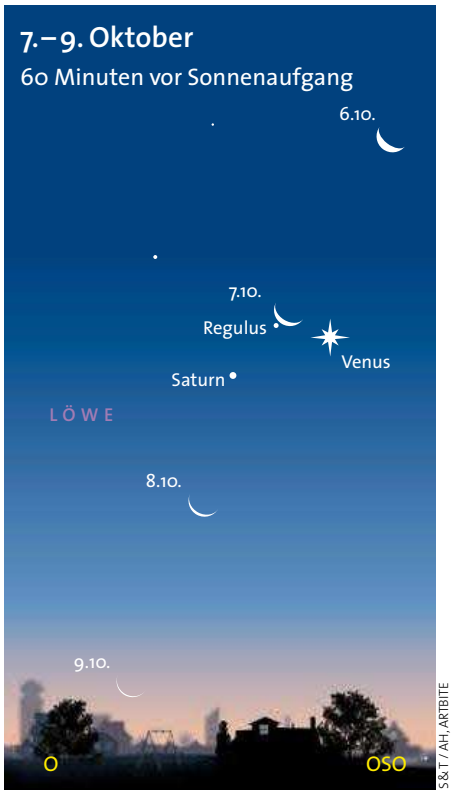
Am 28. erreicht sie ihre größte Elongation 46 Grad westlich der Sonne. Dann zeigt sie sich fast vier Stunden vor dieser in einem dunklen Himmel und steht bei Sonnenaufgang mehr als vierzig Grad über dem Horizont. Von Pol zu Pol misst sie 24 Bogensekunden und zeigt im Fernrohr die Form eines Halbmonds.

Der Mond stößt als dünne Sichel am Morgen des 7. zu diesem Trio (Grafik rechts). Er schickt sich zu einer Regulusbedeckung an, in deren vollen Genuss Sie aber nur in Westeuropa kommen.

Die junge Sichel taucht genau zur Monatsmitte in der Abenddämmerung auf und kommt unweit von Antares bis zum Untergang nach halb acht auf ein dreiviertel Grad an Tau Scorpii (τ Sco) heran. Zwei Tage später ist er an Kaus Meridionalis (Delta Sagitarii, δ Sgr, 2,7te Größe) vorbei, das lässt sich – um halb neun – schon besser verfolgen. Gut dreieinhalb Grad westlich von Uranus verdeckt der Mond den Stern Lambda Aquarii (λ Aqr, 3,7te Größe) von 20.47 bis 21.52 Uhr. Das ist aber erstmal etwas zum Aufwärmen: Denn in der Nacht zum Samstag, dem 28., erfolgt eine spektakuläre Bedeckung des Sternhaufens der Plejaden! Der noch ziemlich volle Mond kassiert zunächst Taygeta (4,3te Größe) um 0.55 Uhr; Maia (3,9te Größe) ist das nächste prominente Opfer um 1.15 Uhr. Um 2.04 und 2.08 Uhr gibt der Mond beide wieder frei und verlässt den Sternhaufen an dessen nordöstlichem Rand.

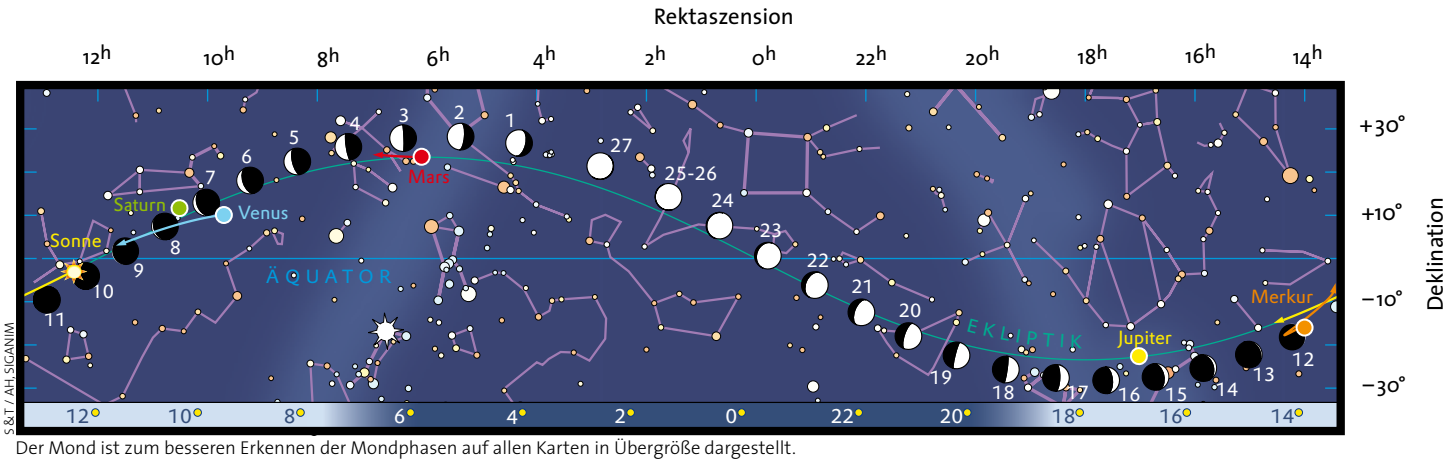
Am Abend des 29. folgt nach 22 Uhr noch die Bedeckung des 5.-Größe-Sterns 136 Tauri, doch das ist eher etwas für die Akten … <<

***KEN HEWITT-WHITE** erzählt Ihnen auf den folgenden Seiten noch etwas über M 15!*



Der Mond setzt am 7. zur Regulusbedeckung an, die aber nur in Westeuropa zu verfolgen ist. Er bildet dabei ein rechtwinkliges Dreieck mit Saturn und Venus.

Die Pfeile im Monatspanorama kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die Zeit an, wann der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

M15, der Große Pegasus-Haufen, besitzt eine außergewöhnlich hohe Sterndichte. Am Himmel nimmt er etwa den halben Durchmesser der Vollmondscheibe ein.

WALLPAPER unter astronomie-heute.de/wallpaper

NOAO

DER GROSSE PEGASUS-HAUFEN

Werfen Sie einmal einen Blick auf das fliegende Pferd am Firmament und suchen Sie dessen »falschen Kometen«.

VON KEN HEWITT-WHITE

Wenn der Herbst naht, ändert sich manches – sowohl am Boden als auch am Himmel. Für Amateurastronomen bedeuten die Herbstmonate längere und kühlere Beobachtungsnächte sowie das Sichtbarwerden neuer Objekte über dem abendlichen Osthorizont. Eines davon ist der Große Pegasus-Haufen – ein prächtiges Sterngewimmel.

Er wurde am 7. September 1746 von dem italienisch-französischen Astronomen Jean-Dominique Maraldi entdeckt, als dieser einen Kometen beobachtete. Maraldi beschrieb den Haufen als »ziemlich hellen, nebulösen Stern«. 18 Jahre später richtete Charles Messier, der große französische Kometenjäger, seinen Blick auf die Sternansammlung. Er verzeichnete sie in seinem berühmten Katalog von »Nichtkometen«, der mehr als hundert Objekte enthält, auf Platz 15. Messier notierte: »Ein Nebel ohne einen Stern. Er ist kreisrund und das Zentrum ist hell.« Mit anderen Worten, beide – Maraldi und Messier – verkannten die wahre Natur des Objekts. Der Fairness halber muss man freilich erwähnen, dass keiner von ihnen über ein gutes Teleskop verfügte, gemessen an heutigen Standards.

Kugelrunde Minigalaxie

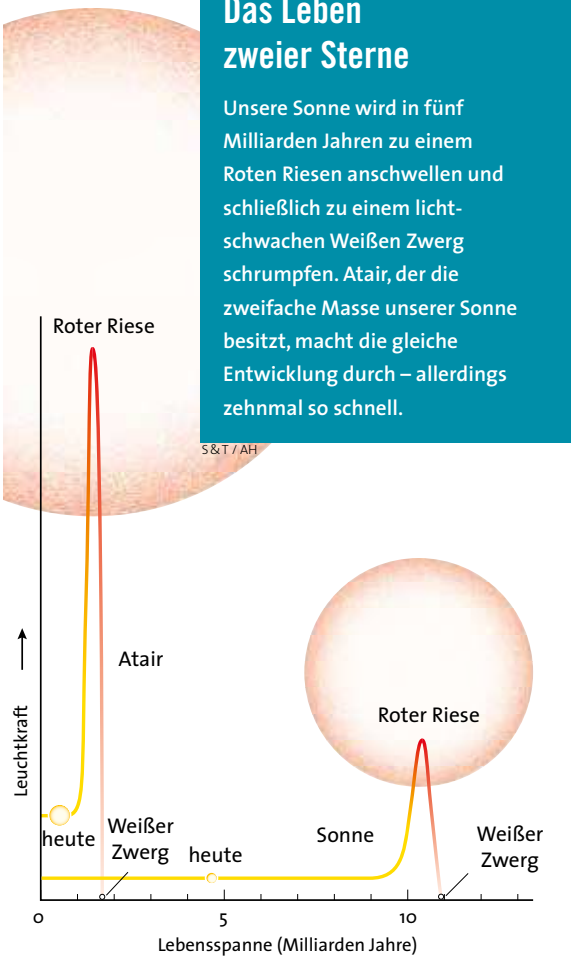
In Wirklichkeit ist M 15 ein Kugelsternhaufen – eine Ansammlung von mehreren hunderttausend extrem alten Sonnen. Mehr als 150 solcher Haufen halten sich im Umfeld unserer Heimatgalaxis, der Milchstraße, auf. Diese ähnelt einer riesigen Scheibe mit Spiralarmen aus hellen, jungen Sternen, die von einer zentralen Wulst aus älteren Sternen ausgehen (Titelthema AH 12/2005). Die uralten Kugelhaufen verteilen sich über einen riesigen, annähernd kugelförmigen Bereich rings um das Zentrum unsere Heimatgalaxie – den Halo (Grafik S. 90 rechts).

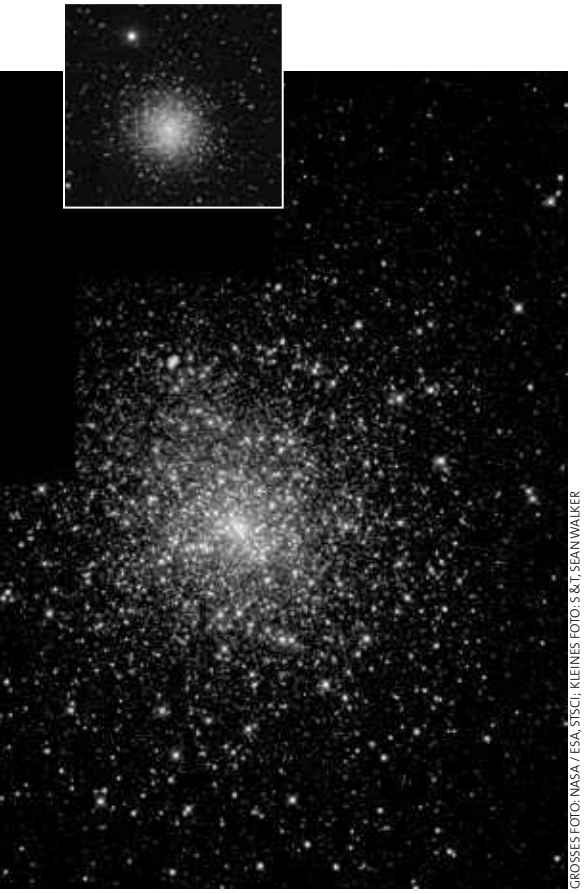
Woher wissen wir das alles? Zunächst: Sterne werden älter. Sie verbrennen den Wasserstoff, aus dem sie hauptsächlich bestehen, allmählich zu Helium – ein Prozess, der thermonukleare Fusion heißt (siehe dazu auch Artikel S. 30). Unsere Sonne entstand vor viereinhalb Milliarden Jahren. Auf Grund des Tempos, mit dem sie Wasserstoff in Helium umwandelt, wird sie in etwa fünf Milliarden Jahren ausbrennen. Nachdem ihr Wasserstoff verbraucht ist, wird sie sich zu einem Roten Riesen aufblähen (siehe Artikel S. 26). Nur eine Milliarde Jahre später kollabiert sie dann zu einem Weißen Zwerg – einer dichten Kugel aus Schlacke, die langsam auskühlt. Sterne, die mehr Masse enthalten als die Sonne, leuchten heller als sie und werden nicht so alt, wie die Abbildung rechts zeigt. Die allergrößten Sterne verbrauchen ihren Brennstoff in wahnwitzigem Tempo und kollabieren schon nach ein paar Millionen Jahren zu einem Neutronenstern oder einem Schwarzen Loch (siehe AH 10/2005, S. 24).

Umgekehrt bedeutet das: Sterne mit sehr geringer Masse verbrennen ihren Wasserstoff äußerst langsam. Messungen haben gezeigt, dass die größten in M 15 lediglich achtzig Prozent der Sonnenmasse besitzen. Diese Fliegengewichte sind vor mindestens zwölf Milliarden Jahren entstanden. Was jedoch bedeutet: M 15 bildete sich kurz nach dem Urknall, der vor etwa 13,7 Milliarden Jahren stattfand. Alle mas-

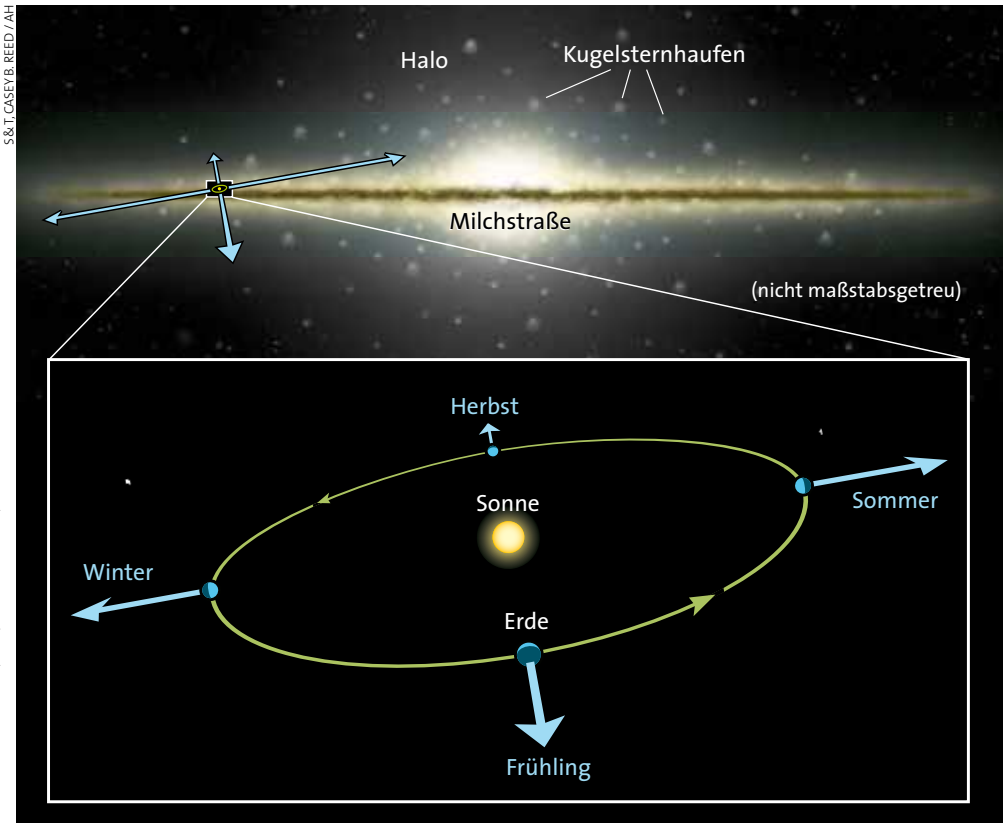
Das Leben zweier Sterne

Unsere Sonne wird in fünf Milliarden Jahren zu einem Roten Riesen anschwellen und schließlich zu einem lichtschwachen Weißen Zwerg schrumpfen. Atair, der die zweifache Masse unserer Sonne besitzt, macht die gleiche Entwicklung durch – allerdings zehnmal so schnell.





GROSSES FOTO: NASA / ESA, STSCI; KLEINES FOTO: S & T, SEAN WALKER



S & T, CASEY B. REED / AH

Als Wattebausch erscheint M 15 (kleines Bild) in einem großen Amateurteleskop. Sogar Hubble vermag nicht alle Sterne im Zentrum von M 15 aufzulösen (links). Die meisten Kugelsternhaufen sehen wir im Sommer, wenn wir nachts in Richtung des Milchstraßenzentrums schauen (rechts).

1 LICHTJAHR

ist die Entfernung, die ein Lichtteilchen (»Photon«) in 365 Tagen zurücklegt. Das sind fast zehn Billionen Kilometer. Von der Sonne zur Erde benötigt es acht Minuten, zum Planeten Neptun vier Stunden und bis Alpha Centauri, dem nächsten Fixstern, vier Jahre und zwei Monate.

sereicheren Sterne des Kugelhaufens sind längst ausgebrannt – ein Punkt, auf den ich später zurückkommen werde.

Die meisten Sterne, die ein Amateurastronom heute sehen kann, befinden sich innerhalb eines Radius von einigen hundert Lichtjahren. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts ermittelte Harlow Shapley am Mount Wilson Observatory die Entfernunen von mehreren dutzend Kugelsternhaufen und entdeckte, dass sie tausende Lichtjahre entfernt sind. Shapley studierte sie genauer und erkannte, dass sich die meisten von ihnen in einer Himmelshemisphäre konzentrieren und dass der Mittelpunkt ihrer Koordinaten im Sternbild Schütze liegt. Daraus zog er den richtigen Schluss: Die Kugelhaufen umkreisen das galaktische Zentrum! Weiterhin folgerte er – ebenfalls korrekt –, dass unser Sonnensystem in den »Vororten« unserer Heimatgalaxie liegt (siehe AH 12/2005, S. 36). Wir sehen also die Kugelhaufen von einer Seite der Milchstraße aus.

Überzeugen Sie sich selbst von dieser schiefen Perspektive! An einem klaren Sommerabend, wenn Sie in Richtung des galaktischen Zentrums im Sternbild Schütze schauen, können Sie dort mit Hilfe eines Feldstechers dutzende Kugelhaufen erkennen. M 15 erscheint im Spätsommer über dem Horizont und bleibt den Herbst über sichtbar. Im Winter und Frühling hingegen kann man monatelang keine prominenten Haufen beobachten. Wenn ich mein Fernglas auf M 15 richte, dann weiß ich, dass ich an meiner gemütlichen galaktischen Nachbarschaft vorbei auf einen einsamen Außenposten im Hinterland der Milchstraße blicke. Shapley hatte Recht: Kugelsternhaufen zu beobachten verschafft einem ein Gefühl für die Weite des Raums.

Modernen Schätzungen zufolge ist M 15 34 000 Lichtjahre entfernt. Dennoch erscheint der Haufen so hell, dass manche ihn mit bloßem Auge erkennen können. Für Feldstecherbeobachter gibt er ein dankbares Ziel ab.

Vorbei an Pegasus' Schnauze

Um ihn zu finden, starten Sie Ihre Suche im Sternbild Pegasus – dem geflügelten Ross. Bei Anbruch der Nacht geht diese Konstellation über dem östlichen Horizont auf. Die Brust des Pferdes wird von vier mittelhellen Sternen markiert, die das »Herbstviereck« bilden (Karte rechts). Den Rest zu erkennen ist schwierig, denn nur seine vordere Hälfte wird von Sternen »dargestellt« – und es fliegt mit dem Bauch

nach oben! Die Vorderbeine gehen von der obersten Ecke des Quadrats aus und sind aufwärtsgerichtet, sein Hals setzt an der rechten Ecke an. Der Kopf endet mit dem Stern Enif (Epsilon Pegasi, ε Peg, 2,4te Größe), arabisch für »Nase«. Wenn Sie nun eine Linie zwischen Baham (Theta Pegasi, θ Peg, 3,5te Größe) in der Stirn und Enif ziehen und diese Linie um etwa die Hälfte verlängern, treffen Sie auf etwas, was wie ein unscharfer Stern aussieht. Das ist M 15!

Mit einem 7×50-Feldstecher unter einem mäßig lichtverschmutzten Stadthimmel fällt mir immer zuerst der Stern 6. Größe rechts neben diesem schwachen »Fusselball« ins Auge. Zwar haben die Sonnen von M 15 zusammen eine beträchtlich höhere Leuchtkraft als dieser Stern, sie sind dafür aber hundertmal weiter entfernt, sodass die beiden annähernd gleich hell erscheinen. Der Fusselball ist mit einem Sucherfernrohr nicht ganz leicht zu finden, aber wenn Sie auf den benachbarten Stern zentrieren, sehen Sie M 15 sicherlich, sobald Sie durchs Okular blicken.

Kleine Fernrohre bilden den Kugelhaufen als winzigen, kreisrunden Nebel mit hellem Zentrum ab – so, wie Charles Messier ihn vor fast 250 Jahren beschrieb. Mein Zehn-Zentimeter-Spiegelteleskop liefert da schon bessere Ergebnisse: Bei 50-facher Vergrößerung sehe ich eine allmähliche Leuchtkraft-Zunahme zum Zentrum hin. Die Außenregion ist hingegen schwer zu erkennen, es sei denn, ich benutze »indirektes Sehen«, richte also meinen Blick ein bisschen neben den Haufen. Mehr Vergrößerung hilft ebenfalls: Bei 75-fach kann ich schon einige wenige Sterne am Rand des Haufens erkennen.

Die Öffnung macht's

So richtig »lebendig« wird M 15 erst in größeren Teleskopen. Im letzten Herbst, an einem Abend mit guten Sichtbedingungen, bestaunte ich den Kugelhaufen länger als eine Stunde durch meinen Zehn-Zoll-Dobson (25-Zentimeter-Reflektor). Ich beobachtete von einer Stadt aus, und trotz des aufgehellten Himmels dort wirkte die Sternansammlung sehr beeindruckend – selbst durch das Okular mit der geringsten Vergrößerung. Als ich dann auf 150-fach erhöhte, löste sich der Außenbereich von M 15 in unzählige Einzelsterne auf. Bei 200-fach schienen sich einige in Reihen anzuordnen, die vom Zentrum des Haufens ausstrahlten. Je länger ich hinschaute, umso mehr sah ich – außer im Zentrum, das weiterhin als unstrukturierter Lichtfleck erschien.

Probieren Sie es einmal mit Ihrem eigenen Fernrohr aus. Gehen Sie dabei zu immer höheren Vergrößerungsstufen, bis Sie

Wenn das Herbstviereck im Spätsommer bei einbrechender Dunkelheit sichtbar wird, steht es hoch im Osten auf einer Ecke und sieht eher wie ein Flugdrache aus.

S&T / AH

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK Astro-Kuppeln sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopfüber-Schiebetor und einer

NEU: 20x80 Groß-Fernglas mit Panorama-Montierung und Stativ - ***jetzt nur € 799,00!***

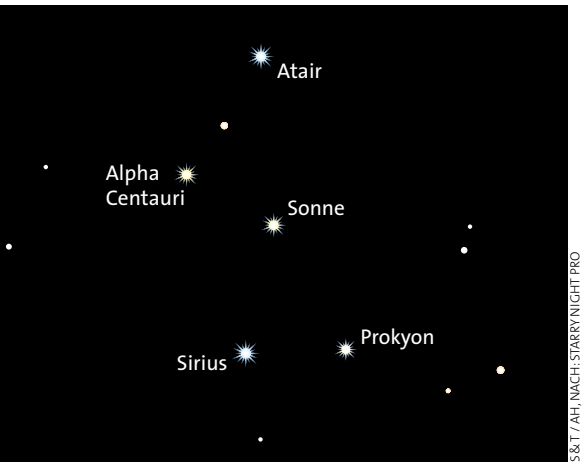
Preis-Reduzierung!

Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar").

Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Fraunhoferstraße 14
D-82152 MÜNCHEN-Martinsried
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de



S&T / AH, NACH: STARRY NIGHT PRO

Die Kernregion von M15 enthält zehntausende Sterne, ein gleich großes Gebiet im Umkreis unserer Sonne hingegen nur zwölf.

die maximale Detailausbeute erzielt haben. Sie werden erstaunt sein, wie dicht am Zentrum Sie noch einzelne Sterne erkennen können!

Auch für Wissenschaftler ist M15 ein lohnendes Ziel. Ihren Beobachtungen zufolge besitzt der 150 Lichtjahre durchmessende Haufen eines der dichtesten Zentren, die von Kugelsternhaufen bekannt sind. Durchmusterungen mit dem Weltraumteleskop Hubble haben ergeben, dass im Innern von M15 etwa 30 000 Sterne in einem Gebiet von 22 Lichtjahren Durchmesser konzentriert sind. Nach einer erstmals 1975 veröffentlichten Theorie befindet sich mitten im Zentrum dieser Ansammlung ein Schwarzes Loch – wie eine winzige Perle in einer riesigen Auster.

Die immense Schwerkraft dieses Massemonsters würde tausende Sterne auf enge Umlaufbahnen zwingen und einige von ihnen vielleicht sogar zerreiben. Kürzliche Messungen von Sterngeschwindigkeiten nahe dem Zentrum von M15 haben ergeben, dass die Sterne dort tatsächlich unter dem Schwerkraft-Einfluss einer Masse stehen, die etwa zweitausend Sonnen entspricht.

Allerdings stimmen nicht alle Astronomen dem Modell zu, es handle sich bei der zentralen Masse um ein Schwarzes Loch. Es könnten auch die Überreste von vielen massereichen, ausgebrannten Sternen sein. Diese These wird von Aufnahmen mit dem Röntgensatelliten Chandra gestützt (Kasten rechts). Er startete 1999 und beobachtet den Himmel seither bei hohen Lichtenergien. Seit Langem ist bekannt, dass M15 Röntgenstrahlen aussendet, aber erst Chandra war in der Lage, tief im Innern des Sternhaufens zwei separate Quellen dieser Strahlung auszumachen. Wissenschaftler vermuten, es handle sich bei diesen Quellen um zwei bizarre Binärsysteme, die jeweils aus einem Neutronenstern mit darumkreisendem normalem Stern bestehen.

Galaktische Schrottpresse

Neutronensterne sind so massereich wie unsere Sonne, unvorstellbare Kräfte haben sie jedoch auf die Größe einer Stadt zusammengepresst. Das ist so, als würde man alle Autos der Welt in einen Fingerhut quetschen. Die meisten Neutronensterne sind unsichtbar, aber ihre immense Schwerkraft kann benachbarten Sternen Gas entreißen, sofern ihnen diese nahe genug sind. Das Gas stürzt dann spiralförmig auf die Oberfläche des Neutronensterns und erhitzt sich dabei auf über eine Million Grad Celsius. Diese Temperatur reicht aus, um das Gas zum Aussenden von Röntgenstrahlen anzuregen – und das kann dann von Chandra beobachtet werden.

Solche Belege für die Existenz von Neutronensternen im Innern von M15 unterstützen auch die These, dass der Kugelhaufen einst sehr massereiche Sterne enthielt. Einige Astronomen vermuten sogar, im Innern des Haufens gebe es hundertmal mehr Sternleichen – das heißt Neutronensterne und Weiße Zwerge – als normale Sterne und Rote Riesen. Werfen Sie in der nächsten klaren Beobachtungsnacht also einmal einen Blick auf den Großen Pegasus-Haufen – und seien Sie froh, dass Sie da nicht mittendrin sind. <<

__KEN HEWITT-WHITE__ ist ein leidenschaftlicher Sternbeobachter und lieferte Beiträge für das Jahrbuch DER HIMMEL 2007. Dort finden Sie die genauen Koordinaten und Beobachtungszeiten für M15 sowie viele weitere Haufen.

TRW INC.

NASA, GSFC, NICHOLAS WHITE UND LORELLA ANGELINI

CHANDRA ZEIGT'S

Das Weltraumteleskop Chandra – hier während der Montage vor zehn Jahren (ganz oben) – ist für Wissenschaftler ähnlich wichtig wie Hubble. Denn Neutronensterne und Schwarze Löcher lassen sich mittels ihrer Röntgenstrahlung aufspüren. Diese entsteht, wenn heißes Gas auf sie zu strömt. Genau das sieht Chandra in M15 (oben): zwei helle Röntgenquellen, wahrscheinlich Neutronensterne mit Begleitern.

FELDSTECHERTIPP

ANDROMEDA-GALAXIE

Wer kennt ihn nicht, den berühmtesten »Spiralnebel« am Nordhimmel, der in Charles Messiers Katalog mit der Bezeichnung M 31 verewigt ist? Der Nebel ist eine typische Welteninsel in 2,2 Millionen Lichtjahren Entfernung. Unsere eigene Milchstraße sähe ihr – aus vergleichbarem Abstand und unter demselben Winkel betrachtet – zum Verwechseln ähnlich. Allerdings ist Andromeda mit 220 000 Lichtjahren Durchmesser wohl doppelt so groß. Zusammen mit der Galaxie M 33 (Foto S. 86) im Sternbild Dreieck und unserer Milchstraße bildet M 31 den Kern einer kleinen Clique von Galaxien – der Lokalen Gruppe.

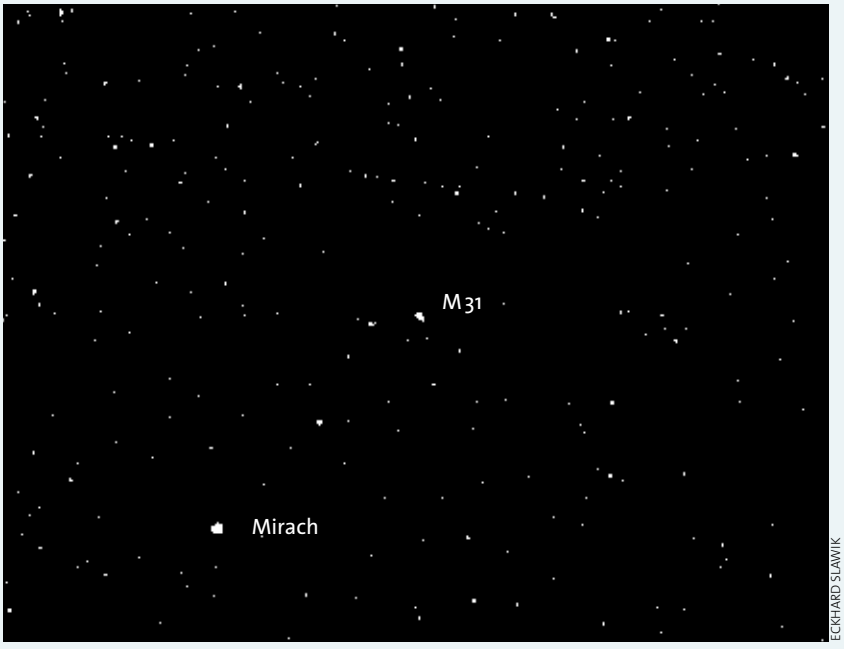
Zahlreiche lang belichtete Fotografien prägen unser Bild von M 31 als einem Deep-Sky-Objekt mit brillanten Farben, einem förmlich glühenden Zentralbereich sowie mächtigen Spiralarmen und Dunkelwolken. Der Anblick durchs Okular ist dagegen weit weniger spektakulär und für viele Beobachter zunächst eine Enttäuschung. Das muss nicht sein, denn »richtige« Astronomie findet im Kopf statt!

Auch wenn Sie im kleinen Feldstecher nur den zentralen Bereich als nebliges Oval erkennen, macht doch allein die Vorstellung Gänsehaut, ein Gebilde zu erblicken, dessen Licht eine Reise von mehr als zwei Millionen Jahren hinter sich hat und Ihr Auge jetzt in Form von einzelnen Photonen erreicht. Mit einem Fernrohr größerer Öffnung werden immer weiter außen liegende Bereiche der Galaxienscheibe sichtbar, und bei bestmöglichen Bedingungen erscheinen sogar die großen Dunkelwolken zart zwischen dem diffusen Leuchten von Abermilliarden Sternen.

Aber hier ist ebenfalls Ihre Vorstellungskraft gefragt, denn auch der größte Feldstecher kann nicht die wahre Ausdehnung von M 31 sichtbar machen. Würden Sie noch ihre feinsten Ausläufer mit dem bloßem Auge sehen können, wäre sie über eine Fläche von etwa fünf Grad sichtbar. Das ist der zehnfache Durchmesser des Vollmondscheibchens – wahrhaft gigantisch!

>> *LAMBERT SPIX*

Unter einem dunklen Himmel brauchen Sie für M 31 keine Aufsuchhilfe.

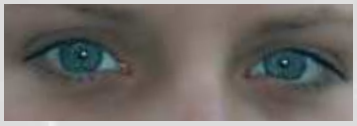


ECKHARD SLAWIK

AME2007
22. September 2007

Kommen Sie zur Astro-Messe **AME2007** am 22. September 2007

über 70 Aussteller in 2 Messe-Hallen



Auch ihre Blicke richten sich auf die AME2007

78054 VS-Schwenningen Messegelände
Hotline: 0049 (0) 741 270 62 10
E-Mail: info@astro-messe.de

www.astro-messe.de

TV-PROGRAMM

SAMSTAG, 15. SEPTEMBER

DAS HERZ DER ERDE

Menschen haben den Mond erkundet, sie erforschen den Mars und horchen mit Mikrofonen die Geräusche auf dem Neptunmond Titan ab.

Riesige Teleskope empfangen Daten aus den Weiten des Universums. Doch über das Innenleben unseres Planeten ist bisher wenig bekannt. In außergewöhnlichen Bildern lädt der Film von Martin Williams zu einer Reise zum Mittelpunkt der Erde ein

Phoenix, 18.30 Uhr, 45 Min.

SONNTAG, 16. SEPTEMBER

PHOENIX–THEMA: TAG DER RAUMFAHRT

Phoenix, 14 Uhr, 180 Min.

MONTAG, 1. OKTOBER

ZDF-EXPEDITION:

WETTLAUF ZUR VENUS

Phoenix, 3.10 Uhr, 45 Min.

WEITERE SENDUNGEN:

DIE VIER ELEMENTE

16-teilige Sendereihe mit Prof. Harald Lesch über die vier Elemente Feuer, Wasser, Luft und Erde

6. Folge: Fr., 14.9., Wdh. Mo., 17.9., 9.30 Uhr
7. Folge: Fr., 21.9., Wdh. Mo., 24.9., 9.30 Uhr
8. Folge: Fr., 28. 9., Wdh. Mo., 1.10., 9.30 Uhr
9. Folge: Fr., 5.10., Wdh. Mo., 8.10., 9.30 Uhr
10. Folge: Fr., 12.10., Wdh. Mo., 15.10., 9.30 Uhr
Bayern alpha, jeweils 15 Min.

EVENTS

AB SEPTEMBER: Die Wanderausstellung »Das Reich der Sonne – Heimat der Menschheit« zum Heliophysikalischen Jahr 2007 gastiert in der Wilhelm-Förster-Sternwarte, Berlin. Internet: www.wfs.be.schule.de
Informationen zur Ausstellung und die künftigen Stationen finden Sie unter www.ieap.uni-kiel.de/et/ag-heber/ihy2007

16. 9. Tag der Luft- und Raumfahrt des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). Wissenschaftler geben einen Einblick in die Zukunft von Luft- und Raumfahrt. Mitveranstalter sind der Köln-Bonn-Airport, die Luftwaffe und die Esa.
Veranstaltungsort: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Standort Köln-Porz, Linder Höhe, 51147 Köln
Internet: tagderluftundraumfahrt.de

21. 9. Das 2. Würzburger Sternwartenfest findet zwischen 20.15 und 23 Uhr statt. Als Rahmenprogramm gibt es unter anderem eine Ausstellung mit Bildern von Amateurastronomen.
E-Mail: vstw@gmx.de
Internet: sternwarte-wuerzburg.de

22. 9. 2. Internationale Astronomie-Messe 2007. Auf der AME in Villingen-Schwenningen erwarten Sie in diesem Jahr neben vielen Herstellern und Händlern auch interessante Vorträge von Rudolf Kippenhahn, Stefan Seip und Joachim Biefang (siehe rechts). Kontakt: Astro-Messe, Siegfried Bergthal, Tel.: 0741 2706210
E-Mail: info@astro-messe.de
Internet: astro-messe.de

29.9.: Deutschlandweiter Astronomietag. Zum fünften Mal laden viele Sternwarten und Vereine in ganz Deutschland unter dem Motto »Astronomie für Alle« zum Blick in die Sterne ein. Sämtliche Veranstaltungen und teilnehmenden Vereine finden Sie unter astronomietag.de

29. 9.–30. 9.: 15. Österreichischer CCD-Workshop und Österreichisches Astronomieforum 2007. Beide Veranstaltung finden im Volksheim St. Sebastian (Gemeindeamt St. Sebastian) statt.
Internet: ccdeder.freewebspace.com/ccdws2002/indexws03.htm

5.10.–7.10. ITT – Internationales Teleskoptreffen. Veranstalter ist der Verein »Stella Carinthia«. Veranstaltungsort ist die 1755 Meter hoch gelegene Emberger Alm bei 9761 Greifenburg, Österreich. Anmeldung ist nicht notwendig – Zimmerreservierung schon!
E-Mail: riedl.gerhard@chello.at
Internet: embergeralm.info/stella

12.–14.10. RATT – Ravensburger Teleskoptreffen. Um die Veranstaltung besser planen zu können, wird um Voranmeldung gebeten. Info, Anfahrtsskizze und Anmeldung: ratt-rv.de

14.10. Tag der offenen Tür auf der Robert-Mayer-Sternwarte Heilbronn. Der Trägerverein der 1914 gegründeten Sternwarte feiert in diesem Jahr sein zwanzigjähriges Bestehen mit einer Sonderausstellung und Vorträgen. Veranstalter: Robert-Mayer-Volks- und Schulsternwarte Heilbronn e. V., Bismarckstraße 10, 74072 Heilbronn
E-Mail: info@sternwarte.org
Internet: tdot.sternwarte.org

20.–21.10. 4. Tagung der VdS-Fachgruppe »Geschichte der Astronomie«. Geboten werden ein Vortragsprogramm und zwei Ausflüge zur von Max Wolf gegründeten Sternwarte und zum Landesmuseum für Technik und Arbeit. Aktuelle Informationen (Programm, Unterkunft etc.) finden Sie unter geschichte.fg-vds.de.
Anmeldung: Wolfgang Steinicke, Gottenheimerstr. 18, 79224 Umkirch, Tel.: 07665 51863
E-Mail: wolfgang.steinicke@vds-astro.de

26.–28.10. 5. CCD-Workshop 2007, veranstaltet von der Schwäbischen Sternwarte e. V. und dem Carl-Zeiss-Planetarium Stuttgart. Anmeldung: Geschäftsstelle Schwäbische Sternwarte e. V., Seestraße 59 A, 70174 Stuttgart, Tel. 0711 2260893
E-Mail: ccd2007@sternwarte.de
Internet: sternwarte.de/verein/ccd-ws

Auch Ihr Termin kann hier kostenlos stehen! Für die November-Ausgabe schicken Sie bis zum 12. Oktober 2007 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

ASTROMESSE, DIE ZWEITE

HELMUT KOCH

Starker Andrang und Verkaufsgespräche am Stand der Firma Astroshop.de während der Astromesse AME 2006

Schon im letzten Jahr legte sie einen fulminanten Start hin: die internationale Astronomiemesse AME in Schwenningen.

Sogar der Grandseigneur des Teleskopbaus, John Dobson aus den USA, war nach Deutschland gekommen und begeisterte Sternfreunde aus nah und fern mit seinem Auftritt.

2007 wollen die Organisatoren noch einen »obendrauf setzen« und haben daher ein umfangreiches Rahmenprogramm zusammengestellt. Dazu gehören eine Ausstellung von Astronomiekalendern, das Einsteinmobil sowie die rollende Unimog-Sternwarte von Pascale Demy und Gernot Meiser aus dem Saarland.

Mit den Professoren Rudolf Kippenhahn und Hanns Ruder haben die Veranstalter zwei renommierte Astrophysiker für ihr attraktives Vortragsprogramm gewinnen können.

Weitere Dozenten sind der bekannte Astrofotograf Stefan Seip aus Stuttgart, Otto Guthier von der Vereinigung der Sternfreunde (VdS), Isabel Rica Mendez (»Erfahrungen mit dem Einsteinmobil«), Thomas Pfleger (Eye & Telescope) sowie Joachim Biefang, der von einer AH-Leserreise nach Chile zu den größten Sternwarten der Welt berichtet.

Als Ausstellungsfläche steht im Vergleich zum letzten Jahr eine weitere Messehalle zur Verfügung und bietet den zahlreichen Ausstellern und Sternfreunden jetzt neben dem Freigelände noch mehr Platz für Produktneuheiten rund um das Hobby Astronomie.

Eine Verlosung rundet das Programm am Nachmittag ab. Als erster Preis winkt eine Beobachtungsnacht am Achtzig-Zentimeter-Teleskop der Sternwarte Zollern-Alb in Rosenfeld-Brittheim.

Die Redaktionen der Zeitschriften **astronomie heute** und Sterne und Weltraum sind in diesem Jahr die offiziellen Medienpartner der AME. Alle Messebesucher erhalten daher mit der Eintrittskarte einen Gutschein für einen Astrotitel aus dem Verlag Spekrum der Wissenschaft. Jeder ausgefüllte Gutschein nimmt darüber hinaus an der Verlosung eines Skyscout-Taschenplanetariums teil.

Bequem zur Messe kommt man mit dem Pauschalangebot der Deutschen Bahn: für 79 Euro (bis 350 Kilometer Distanz) oder 119 Euro (ab 350 Kilometer Distanz) aus ganz Deutschland. Außerdem haben die Veranstalter einen kostenlosen Bus-Shuttle vom Bahnhof in Schwenningen zum Messegelände eingerichtet. Weitere Infos hierzu finden Sie auf der Website der AME (astromesse.de). <<

Sowohl »Pioneer 10« als auch »Pioneer 11« haben eine vergoldete Plakette an Bord – für den Fall, dass intelligente Außerirdische die Sonde dereinst finden sollten. Unser T-Shirt Pioneer zeigt diesen originellen »Gruß von der Erde«: Zu sehen sind unter anderem ein Diagramm des Sonnensystems (unten), ein Hyperfeinstruktur-Übergang des Wasserstoffatoms (oben) sowie die Position der Sonne relativ zu 14 Pulsaren und dem Zentrum der Milchstraße (links).
Farbe: weiß ; Größe XL, 100 % Baumwolle.
Preis: 14,50 € (zzgl. Versand). Diese und weitere Geschenkideen finden Sie unter

www.spektrum.de/lesershop

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH | Slevogtstraße 3–5 | 69126 Heidelberg | Tel 06221 9126-743 | Fax 06221 9126-751 | service@spektrum.com

Spektrum DER WISSENSCHAFT Wissen aus erster Hand

Verkaufe gut erhaltenes Fernglas 11x80-Tordalk der Optikschmiede C.H.Beck, Kassel. Das Glas hat Gebrauchsspuren, aber nur minimal. Keine inneren und äußeren Mängel erkennbar. Dieses Fernglas ist ein Lichtriese und noch echte deutsche Wertarbeit, will sagen kein Plastikteil! Das Original-Lederetui (echte Sattlerarbeit) ist auch dabei. Preisvorstellung 400,– Euro; Nach neuem EU-Recht gilt nachstehender Satz auch für Privatverkäufe: Keine Garantie, keine Gewährleistung, keine Rücknahme. Tel.: 0931 68132, hg.schmitt@mail.uni-wuerzburg.de

Carl-Zeiss-Jena-Astrozubehör Mondglas dunkel neu in OVP 15,– Euro; Okular 25-H mit 24,5 mm Steckhülse 35,– Euro; Okular 6-O mit 24,5 mm Steckhülse 160,– Euro; zuzüglich Porto; Alle Artikel sind in sehr gutem Zustand. Lediglich die Steckhülse vom 6-O-Okular wurde um 3 mm auf 27 mm gekürzt (abgedreht), da es an einem Zeiss Diascope 85 T* FL zur Planetenbeobachtung (84-fach) eingesetzt wurde. An allen drei Artikeln sind keine Beschädigungen an Optik und Gehäuse. Die Linsen sind klar und sauber. Bilder sende ich auf Wunsch gern zu. Tel.: 01735 706437

Gutes Computer-Teleskop C14 umzugshalber für 4000,– Euro in Kleve zu verkaufen. Tel.: 00361 2492121, drlaky@aol.com.

Astrophotographie Komplett Verkaufe Soligor 200 cm Reflektor mt Leitrohr Skywatcher 70, Bresser 150 cm Refraktor, Montierung EQ5 mit DDL Schrittmotorsteuerung (komplett mit Motoren, Schnellverschlüssen, Gegengewichten, Stativ, etc.), 2 Sucher, Okulare 2,5 mm, 6 mm, 12 mm (bel. Fadenkreuzokular), Canon AE1 Spiegelreflexkamera und vieleEinzelteile; VB 3000,– Euro. Tel.: 0043 660 5292787, e0025817@stud3.tuwien.ac.at

Verkaufe TMB 130/1200mm CNC-LWII (Leichtbautubus) incl. 3,5-Zoll-Starlightauszug und Sucherfernrohr, Strehlwert 0,977, Prüfprotokoll; Kauf September 2005, Selbstabholung. Preis: 4000,–€ (Bitte nur ernsthafte Anfragen!!) Tel.: 06268 1234, g.gramm@lycos.de

SuW-Hefte Mitte 1990 bis Ende 2006 (vollständig) zu verschenken, ungebunden gegen Erstattung der Versandkosten. interhahn@arcor.de

Verkaufe Selbstbau 230/3300 Cassegrain, Zerodur Spiegel, 2-Zoll-Auszug von Astro Physik, Schwalbenschwanz von Zeiss. Gewicht ca. 15 kg sowie CCD Kamera MEADE 416XT und CCD Autoguider mit Zubehör. Preis ist Verhandlungssache. Tel.: 0209 811644, bewi54@web.de

Komplettsystem mit viel Zubehör Celestron C8 Ultima (20 cm Spiegel; 2 m Brennweite; Stativ; Telradfinder; 7x50 Finderscope); NGC-MAX-Computer; Okulare: Celestron 40 mm, 26 mm; Vixen LV 20 mm, 10 mm, 5 mm; Prismen: 90° und 120°; Farbfilter; Lumicon UHC Filter; Tragekoffer für Teleskop; 1780,– Euro VHB. Anrufen lohnt sich!!! Tel.: 06265 1275

Verkaufe Hefte der Zeitschrift „Sterne und Weltraum"(1992: 11 und 12; 1993-95 komplett; 1996: 2-10 und 12; 1997: 1, 2 (mit eig. Notizen), 7, 8-9, 12; 1998: 2, 3, 5, 6, 8-12; 1999: 2, 5-12; 2000: Hefte 1, 4, 5, 7, 8, 10-12; 2001-02 komplett; 2003: Hefte 1-10 und 12; 2004: 1, 3, 5, 8-12; 2005: 5-9 und 10-12; 2006 komplett; 2007:1;). Außerdem biete ich die Sonderhefte „Gravitation – Urkraft des Kosmos"(Special 6) und „Monde – Missionen zu neuen Welten" (Special 7) an. Alle Hefte sind in einem sehr guten Zustand mit nur geringen Gebrauchsspuren. Einige Hefte sind sogar noch original verpackt! Bei Interesse bitte melden. kathi-bedau@web.de

Meade LXD75 8-Zoll-SN, kaum gebraucht, aus Zeitmangel, in Originalverpackung zu verkaufen. joerg.ohrdorf@gmx.de

Verkaufe Dunkelkameraausrüstung Durst M 601, 6 × 6 Vergrößerer mitFarbmischkopf CLS 66 und Objektiv Rodenstock Rodagon 2,8/50 mm mit viel Zubehör. VB 450,– Euro. Tel.: 04144 606996, Lille-Sonne@gmx.de

Verkaufe schwere Parallaktische Selbstbau Montierung mit Säule. Preis: 850,– Euro Tel.: 07151 690654

Verkaufe Meade LX 10 Schmidt-Cassegr., 8 Zoll, kompl. mit Mont. u. Stativ. Bestzustand. 5 Markenokul. Multiband u. Lumicon UHC Filter. Div. Zubehör. Tel.: 0043 7473 8484

Verkaufe 150/f10 Newton, Marke Tasco und 60/900 Refraktor Meade, montiert mit Rohrschellen, diverse Okulare und Kameradapter. Stabile Montierung, inkl. hydraulische Säule, Dreibein und Nachführung. VHB 1300,– Euro. Tel.: 06732 3173, emilpallos@aol.com

60 cm Lomo Sital Cassegrain f10 1/8 Lambda Wafe Front Gesamtsystemgenauigkeit auf deutsche Montierung mam 100 von Mauz Tragkraft 150 kg mit Autoslew Schrittmotorsteuerung von Keller; 96% Beschichtung beider Spiegel. VB 30000,– Euro. Tel.: 0171 8983027

SBIG ST2000 CCD Dual Chip Kamera mit neuem, rauscharmen Chip KAI2020M, ideal für kurze Brennweiten, sehr guter Zustand, nur für wenige Tests benutzt, Preis VHB. Tel.: 0151 16739997, michael@schmid-koenig.de

Verkaufe C8 auf GP-DX Montierung und SkySensor 2000PC mit Motoren. Tel.: 981 84204, mattausch@naa.net

Verkaufe in Alu gefasster Glassonnenfilter für visuelle Beobachtung mit einem Innendurchmesser von 485 mm zu 180,– Euro + Fracht oder Abholung. Tel.: 02624 7506

18-Zoll-Dobson telescope f 4.5 Nova Optics & Osypowski 2 axis equatorial platform, Hand control, 20mm Nagler, Laser Collimator, Telrad, etc; 3000,- Euro (Luxembourg); email me for photos. Tel.:+352 458152; matt@dawson.lu

Schwere Montierung Losmandy GM200 Verkaufe wegen Sytemumstellung meine Losmandy-Monti. Die Montierung trägt teleskopseitig bis zu 70 kg u. ist ohne Werkzeug für den Transport in zwei Teile zerlegbar. Viel Zubehör. Bitte nur ernsthafte Anfragen! VB 4800,– Euro; Sternfreund@gmx.de

8-Zoll-SC-Meade LX50 EMC-Vergütung f/10 (Öffnung 203 mm/Brennweite2000 mm), Dreibeinstativ, Anleitungen, Polhöhenwiege, Handsteuerbox, Telradfinder, Transporttasche für die Originalverpackung, etc. alles wie neu und voll funktionstüchtig; Tel.: 0178 2121830, misterzog@web.de

Vixen Optik/Tubus VMC200L inkl. Montageschiene und Sucherfernrohr; Okularhülse 1 ¼ Zoll; Gerät ist wie neu, nur einmal montiert. Originalverpackung (kann auch verschickt werden). Halber Preis: 700,–Euro; Tel.: 06359 82102, gerhard.dissinger@gmx.net

Verkaufe SuW gebundene Jahrgänge 1984 bis 1994 bestzustand. 180,– Euro; Buchreihe „Reise durch das Universum" von „Time Life", Bestzustand 20 Bände 120,– Euro; Tel.: 0162 8956825, bewi54@web.de

Suche Alt 5 bzw. Alt 6 Montierung, ohne Tangentialarm, bzw. suche vergleichbares, schweres System, mit Zubehör; Tel.: 04131 707337 abends

Private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von astronomie heute kostenlos!

Abonnenten können eine private Kleinanzeige pro Monat mit bis zu fünf Zeilen à 40 Anschläge kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Rechnung oder dem Adressträgerblatt.

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise: bis zu drei Zeilen: 22,– €, jede weitere Zeile: 5,– €. Die Veröffentlichung im Internet ist auch für Nichtabonnenten kostenlos.

Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer des jeweiligen Hefts.

Bitte geben Sie Ihre Kleinanzeige im Internet ein unter astronomie-heute.de/kleinanzeigen oder senden Sie sie wie gewohnt an:

Spektrum der Wissenschaft
Redaktion **astronomie heute**
Slevogtstr. 3–5, 69126 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist vier Wochen vor Erscheinen des Hefts.

SATTLEGGERS
ALPENHOF
EMBERGER ALM
ASTROURLAUB und WANDERN!
Kristallklare Herbstnächte erwarten Sie.
Zwei gut ausgestattete Sternwarten (12" + 17,5") auf 1.800m Seehöhe und ein perfekter Sternhimmel erwarten Sie.
Sattleggers Alpenhof und Feriensternwarte
Emberger Alm 2, 9771 Berg/Drautal, Österreich
Tel.: +43/4712/796, Fax: +43/4712/796-6
www.alpsat.at, mail: office@alpsat.at
ITT (Internat. Teleskoptreffen): 5.10. - 7.10.2007 Buchen Sie rechtzeitig!

Unser neuer Web-Shop ist online
Brucker Säulenstative ab 549,-€
www.fernrohrland.de
Mehr als 2.000 Fernrohre, Ferngläser, Zubehör...
Mit vielen Neuheiten:
Großferngläser 85mm und 110mm, Großfeldokulare, Filter, Brucker Stative.
Besuchen Sie uns auf der AME 22.09.07 in VS
Große Auswahl ab Lager lieferbar
Auf über 250m² halten wir ein Warenlager und eine Teleskopausstellung für Sie bereit. **Ladenöffnungszeiten:** Mo.-Fr. 8:30 - 13Uhr / 14 - 18Uhr
Fernrohrland by PHOTO UNIVERSAL • Max-Planck-Str. 28 • 70736 Fellbach (bei Stuttgart) • Tel 0711/ 9 57 60 -17 oder -45 Fax -40
FERNROHRLAND

Astroshop.de
3000 Artikel - alles online!
www.Astroshop.de

Stand: Juli 2006

Der Astromarkt von **astronomie heute** und Sterne und Weltraum bietet Ihnen die Möglichkeit, zu besonders günstigen Konditionen auf Ihre Angebote hinzuweisen. Wollen auch Sie Ihre Produkte oder Dienstleistungen hier vorstellen? Wir beraten Sie gern! Infos bei Karin Schmidt (schmidt@spektrum.com)

MEADE LXD 500: Verkaufe Newtonteleskop 114 NT/500 der Firma MEADE aus der Serie LXD 500. Reflektor nach Newton mit Spiegel 114 mm Durchmesser, Brennweite 910 mm, Fokussierfeintrieb mit 50,8 mm und 31,8 mm Durchmesser, parallaktischer Montierung, Dreibeinstativ aus Aluminium und diverses Zubehör. Tel.: 0160 94172535, oli.v@freenet.de

Neugeräte: Newton-Spiegelteleskop 114/500mm (OTA) 25,– Euro; Newton-Okularauszug 2.00 Zoll 25,– Euro; Polsucher 25,– Euro; Rohrschellen 140mm (2 St.) 25,– Euro; Tel.: 07478 26 16 13; Versand1@aol.com

Suche Takahashi FS-78 Refraktor in gutem Zustand, gerne auch mit Zubehör. Tel.: 0228 96 95 127; p.willemsen@gmx.de

Meade ETX 90mm AstoScope für 300,– Euro zu verkaufen; Kaum gebraucht, mit Tubusheizung, Erect-Prisma, Okulare, Tischstativ; Tel.: 0451 603696, cjstluebeck@yahoo.de

60cm Sternwartengerät mit Montierung: Wegen Vergrößerung meines Instrumentariums gebe ich mein derzeitiges Instrument samt Gabelmontierung ab. Infos auf Anfrage dazu gibt es per E-Mail. office@observatorium.at

Verkaufe Teile zum Selbstbau: Parabolspiegel 270 mm, f=1500, Zerodur, Fangspiegel u. Rohr; Refraktoroptik, 90mm, f=1640 Halbapo-Typ, Rohr, Okularauszug u. a. Teile. Astrookulare; Preise nach Abspr., Tel.: 02620 793

Verkaufe sehr gut erhaltenen Eichenholzbehälter von Carl Zeiss Jena für die Ib-Montierung. Kaum Gebrauchsspuren, daher ein schönes Sammlerstück! Preis: 450,– Euro zuzüglich Versandkosten von 10,– Euro; Tel.: 0173 5706437

Ritchey Chretien 250/2000mm (f8) im Carbontubus, 2,5 Zoll Auszug mit 1/10 Untersetzung, Schott Suprax Optiken, 3 Spiegellüfter, Sekundärspiegelfokussierung, Firstlight Test, ansonsten neu, VB: 5250,– Euro; Tel.: 0172 5169442

Verkaufe LX 90 GPS 8 Zoll; ein Vierteljahr alt; mit Autostar, Punktsucher, 8x50 Sucherfernrohr und 26 und 9mm Okular; 30000 wählbare Himmelsobjekte; Tel.: 08431 38572 oder 0176 29917035; w.otrzonsek@gmx.de

10-Zoll SCT auf schwerer parall. Mont. Pols. alle elektr. Mögl. GOTO, PEC. Align, Objektedat. stab. Metallstat. Rohre 51 mm 2 Gew. 1400,– Euro. Tel.: 030 7464136, rgaenger@web.de

Meade LXD500,114NT/500, Verkaufe 114 Newton-Spiegelteleskop der Serie LXD500 von Meade, 910 mm Brennweite, parallaktische Montierung, Dreibeinstativ, Okulare und diverses Zubehör. Tel.: 03678 380616, mail@olivervollrath.de

Spiegelteleskop 114/900 Bresser Saturn 45 mit 114 mm Öffnung und 900 mm Brennw., zuschaltbare motor. Nachführung, parallakt. Montierung, stab. 3-Bein-Stativ, handgefertigter, maßgeschneiderter, sehr kompakter Koffer, viel Zubehör, günstig abzugeben. Tel.: 0179 8866234, samy@khadem.de

3-teilige Kutter-Schiefspiegler-Optik 200/4000 mm (Lichtenknecker) 1500,– Euro. Optional dazu passender Bausatz der kompletten Rohrmechanik 750,– Euro. Freie Lieferung im Bundesgebiet. Tel.: 07142 64857 oder 07142 772964

10-Zoll Meade LX200GPS, Bj. 2002, sehr guter Zustand(!), SW-Version 4.2 g mit umfangr. Zubehör zu verkaufen für 4100,– Euro (Neupreis 8200,– Euro). Bei Interesse bitte Zubehörliste, Informationen und Fotos anfordern. althoff.depner@t-online.de

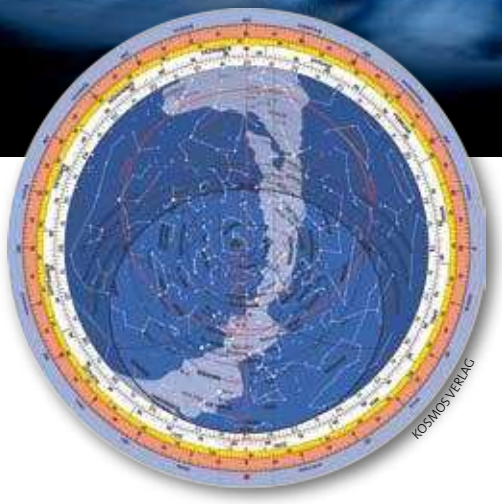
Dobson-Teleskop neu von Intercon 10-Zoll f/1260 mm Premium-Hauptspiegel, mit Qualitätsprüfung Strehl 0,96, 2 Okulare Tele Vue 35 & 10 mm & Zubehör. Umständehalber zu verkaufen; Tel.: 0721 882750; guenter.wo@web.de

November-Heft ab 18. Oktober 2007

SCHWERKRAFTMONSTER

Schwarze Löcher sind die bizarrsten Objekte im Kosmos: Kein Lichtstrahl kann ihnen entkommen, und selbst Sterne sind nicht vor ihnen sicher ...

ILLUSTRATION: NASA / CXC / M. WEISS



DREHBARE STERNKARTEN

Kaum ein Sternfreund geht ohne sie beobachten. Welche sind besonders zu empfehlen?

MYSTERIÖSE MEERE

Fast alle Tiefebenen des Erdtrabanten gehen auf Meteoriteneinschläge zurück und sind annähernd kreisförmig. Doch es gibt Ausnahmen – gehen Sie mit uns auf Mondexkursion!

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. Jakob Staude (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (Ltg., Chef vom Dienst), Stephan Fichtner, Maike Pollmann (freie Mitarbeit)
Ständige Mitarbeit: Stephanie Hügler, Alexander Kerste, Dr. Monika Maintz, Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove
Schlussredaktion: Katharina Werle (Ltg.), Christina Peiberg (stv. Ltg.), Sigrid Spies
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Mitarbeit an diesem Heft: Carolin Konermann
Redaktionsassistenz: Britta Feuerstein
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-765, Fax: 06221 9126-769, **E-Mail:** redaktion@astronomie-heute.de
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, **E-Mail:** service@spektrum.com
Leserservice: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.com

Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker, Richard Zinken (Online)
Objektleiter Astronomie: Stephan Fichtner
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, 69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, Amtsgericht Mannheim, HRB 338114
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten **astronomie heute** zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, 63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste von 2007.
Gesamtherstellung: L.N. Schaffrath Druck Medien Gmbh & Co. KG, 47608 Geldern

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2007 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728, www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope (S & T) und Night Sky: New Track Media LLC, 90 Sherman St., Cambridge, MA 02140, USA; President: Joel Toner; Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D. Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von **astronomie heute** wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.